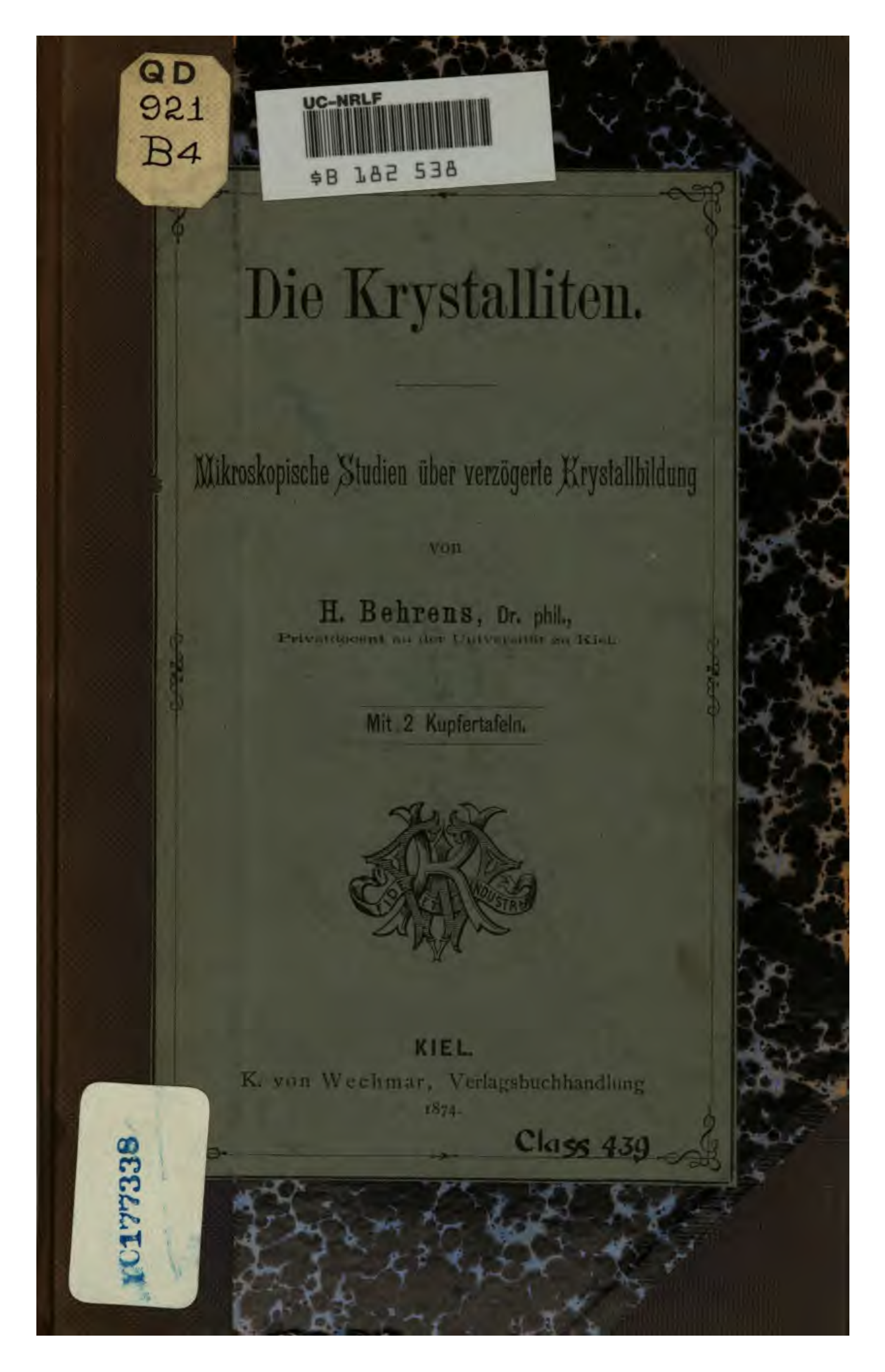


Die Krystalliten.

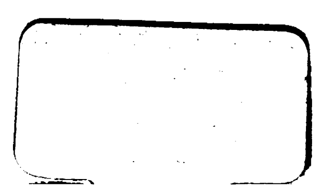
Mikroskopische Studien über verzögerte Krystallbildung

von

H. Behrens, Dr. phil.,
Privatdocent an der Universität zu Kiel.

Mit 2 Kupfertafeln.

KIEL.
K. von Wechmar, Verlagsbuchhandlung
1874.



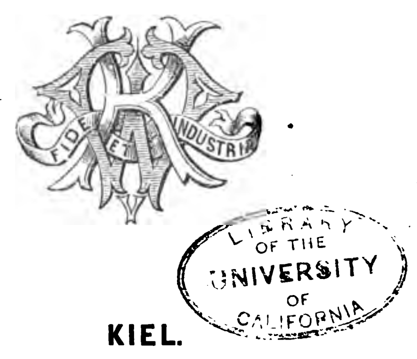
Die Krystalliten.

Mikroskopische Studien über verzögerte Krystallbildung

von

H. Behrens, Dr. phil.,
Privatdocent an der Universität zu Kiel.

Mit 2 Kupfertafeln.



KIEL.
K. von Wechmar, Verlagsbuchhandlung
1874.

GENERAL

8.

Herrn Prof. Zirkel

in Leipzig

freundschaftlichst gewidmet.

Vorwort.

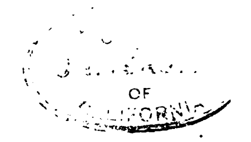
Die vorliegende Schrift ist aus mehreren Aufsätzen zusammengezogen, die zu verschiedenen Zeiten geschrieben und noch vor der Vollendung zurückgelegt wurden, weil inzwischen die Untersuchung über das Ziel derselben hinausgegangen war. Auch diesmal, wo der Druck des nahezu fertigen Manuscripts zum Abschluss zwingt, wäre in der zweiten Hälfte noch Vieles nachzutragen, was nicht mehr in den engen Rahmen der ursprünglichen Anlage passen will. Anfangs nur auf die künstliche Darstellung und Erklärung der Krystalliten gerichtet wuchs mir die Arbeit unter den Händen, es ergaben sich Beziehungen zwischen Krystalliten und Krystallen, die zum Theil nur angedeutet und nicht mehr durch Abbildungen erläutert werden konnten. Hoffentlich wird mir einmal Musse und Gelegenheit, diesem Mangel

abzuhelfen und zugleich die hier ausschliesslich festgehaltene Methode der mikroskopischen Beobachtung verzögerter Krystallisationsvorgänge mit Beobachtungen an grösseren fertigen Krystallen zu combiniren.

Die krystallogenetischen Untersuchungen von A. Knop und Fr. Scharff kamen so spät in meine Hände, dass ich sie nicht mehr berücksichtigen konnte; um so erfreulicher ist die Uebereinstimmung in allen wesentlichen Punkten.

Kiel, 15. März 1874.

H. Behrens.



Unsere Kentniss der mikroskopischen Krystallgebilde, von denen die folgenden Blätter handeln werden, ist kaum ein Decennium alt, und was wir davon wissen, verdanken wir zum grössten Theil den bahnbrechenden Arbeiten einer kleinen Zahl von Forschern, unter denen vor Allen Sorby, Zirkel und Vogelsang zu nennen sind. Während die Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Thiere mit der Vervollkommnung des Mikroskops gleichen Schritt hielt, in einer Zeit, wo das Mikroskop schon lange als unentbehrliches Hülfsmittel für anatomisch- physiologische und embryologische Studien galt und die Wichtigkeit mikroskopischer Beobachtungen sich auch auf dem Gebiete der Physiographie und Systematik der Pflanzen und Thiere aller Orten durch Erweiterung und Umgestaltung dieser Disciplinen fühlbar machte, suchten die Mineralogen und Petrographen sich, so gut es gehen wollte mit den schwachen Vergrösserungen zu behelfen, die eine gewöhnliche Lupe liefern kann und pflegten diese auch nur als gelegentliche Aushülfe anzuwenden. Die wenigen mikroskopischen Gesteinsuntersuchungen, die bis zum Jahre 1858 angestellt wurden, kamen nicht der Petrographie zu Gute. Dem englischen Mikroskopiker Henry Clifton Sorby kommt das grosse Verdienst zu, durch seine wichtigen Mittheilungen über mikroskopische Einschlüsse heterogener Substanzen in künstlichen und natür-

lichen Krystallen [1]) einen nachhaltigen Anstoss für die Anwendung des Mikroskops auf dem Gebiete der Petrographie gegeben zu haben. Seine Arbeiten wurden von F. Zirkel fortgesetzt [2]), und derart erweitert, dass heutzutage die Mikroskopie der Mineralien und Gesteine in besonderen Lehrbüchern, getrennt von der älteren Mineralogie und Petrographie, abgehandelt wird.

Im Jahre 1867 lehrte Zirkel [3]) die merkwürdigen krystallinischen Ausscheidungen im Obsidian, Pechstein und Perlstein kennen, die uns noch vielfach beschäftigen werden, und unterschied zwei Arten derselben: die stabförmigen, oft Andeutungen von Krystallkanten zeigenden Belonite und die seltener vorkommenden, haarähnlichen oder fadenförmigen, vielfach gekrümmten und geknickten Trichite. Er hat später in einer Reihe ausgezeichneter Publicationen eine grosse Zahl von Vorkommnissen derselben besprochen, und sie auch in halbkrystallinischen Gesteinen, Basalten, basaltischen und trachytischen Laven [4]), nachgewiesen. — Vogelsang, der anfangs denselben Weg mit Zirkel und Sorby verfolgte [5]) wandte sich bald krystallogenetischen Forschungen zu, die nach einer neuen, sinnreichen Methode ausgeführt, höchst wichtige Ergebnisse lieferten [6]), während die älteren, auf dasselbe Ziel gerichteten Bemühungen von Ehrenberg, Frankenheim, Harting u. A. wenig Brauchbares für den Geologen und Petrographen zu Tage gefördert hatten, wovon die Ursache wesentlich in der unrichtigen Methode der Untersuchung lag.

Wenn man der Aufgabe, das Studium der Entwicke-

---

1) Quarterly Journ. of the geolog. Society 1858.

2) Sitzungsbericht der Wien. Ak. d. Wiss. März 1863.

3) Ueber glasige und halbglasige Gesteine, Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft 1867.

4) Untersuch. üb. Basaltgesteine, Bonn 1870.

5) Poggens Annal. 1864; Philosophie der Geologie, Bonn 1867.

6) Archives Neerlandaises 1870, 1871, 1872.

lung mikroskopischer Individuen, welches für den Botaniker und Zoologen schon seit vielen Jahren von grösster Wichtigkeit ist, auf petrographische Objecte auszudehnen, näher tritt, so stellen sich Schwierigkeiten in den Weg, die für den Forscher in der organischen Welt nicht vorhanden sind, und die uns nöthigen, von der mikroskopischen Beobachtung zum mikroskopischen Experiment überzugehen. Die Gesteine sind in ihrer natürlichen Lagerung der mikroskopischen Untersuchung nicht zugänglich, sie erfordern zu diesem Ende stets eine vorgängige Zerkleinerung und künstliche Vorbereitung, ausserdem zählt die Entwickelungsgeschichte der Pflanzen und Thiere nach Stunden und Tagen, während wir für die der meisten Gesteine mit Jahrhunderten zu rechnen haben. Eine Ausnahme hiervon machen nur die pyrogenen jüngsten Gesteine, die vulkanischen Gläser und Laven, und sie sind es auch gewesen, um deren Entwickelungsgeschichte man sich vorzugsweise bemüht hat, um von ihnen durch Analogieschlüsse auf ältere Gesteine zurückzugreifen. Indessen ist auch hier der eigentliche Act der Entwickelung der directen Untersuchung nicht zugänglich, sie hat es allemal mit einem starren Object zu thun, das keiner weiteren Entwickelung fähig ist, und wenn es gilt, die Zwischenstadien zwischen vollkommenem Glas und fertigem Gestein zu ermitteln, so bleibt nichts übrig, als aus einer möglichst grossen Zahl von Präparaten nach sorgfältiger Vergleichung die zusammengehörigen auszuwählen und dieselben in Reihen zu stellen, deren Glieder nach der zunehmenden Ausbildung der krystallinischen Elemente geordnet sind. Dies ist der nächstliegende und zuerst betretene, aber, wie leicht einzusehen, auch der beschwerlichste und am leichtesten zu Irrthümern führende Weg. Er kann nur dann durchaus zuverlässige Resultate liefern, wenn ein glücklicher Zufall an demselben Fundorte alle Stadien des Krystallisationsprozesses in continuirlicher Folge neben einander fixirt hat. Wie aber, wenn wir

einen solchen glücklichen Fund nicht abzuwarten brauchten, wenn wir dem vorgesteckten Ziel durch vergleichende Untersuchung künstlicher Entglasungsproducte näher zu kommen suchten? Solche Untersuchungen sind von Zirkel, Sorby und Vogelsang an Schlacken von Hüttenwerken und Thonwarenfabriken und an umgeschmolzenen Gesteinen gemacht worden. Sie haben mehrere neue Formen von mikrokrystallinischen Ausscheidungen kennen gelehrt, und es lässt sich durch Combination ihrer Resultate mit den nach der ersten Methode erhaltenen Vieles für die Geologie gewinnen — ich will hier nur an die Entscheidung der hochwichtigen Frage nach der Entstehung des Basalts durch Zirkels scharfsinnige mikroskopische Arbeiten [1]) erinnern — nichts desto weniger leidet auch diese Methode an so vielen Mängeln, dass eine Ergänzung derselben durch andere sehr wünschenswerth erscheint. Die zum Schmelzversuch bestimmten Gesteinsfragmente müssen auf's Allerfeinste gepulvert werden, — einige Gesteine, z. B. olivinreiche Basalte, sind ohne diese Vorbereitung durchaus nicht in gleichmässigen Fluss zu bringen — das Erkalten muss sehr allmählich zu Ende geführt werden, wenn das Schmelzprodukt nicht gar zu spröde ausfallen soll, und wenn auch hierin mit möglichster Vorsicht verfahren wurde, ist das Verschleifen doch immer eine langwierige und missliche Operation, da die Präparate meistens sehr dünn gemacht werden müssen und eine ausserordentliche Neigung zum Zerbröckeln haben. Alle diese Uebelstände habe ich im Laufe einer im Winter 1869—70 unternommenen Versuchsreihe zur Genüge kennen gelernt, und einen Theil derselben dadurch zu umgehen gesucht, dass ich passende Scherben eines in grösserer Quantität hergestellten homogenen Glases durch mehrstündiges Glühen im Platintiegel, oder mit grobem Kohkspulver umschüttet, im Thontiegel

---

[1]) Zirkel, Unters. über Basaltgesteine, Bonn 1870.

krystallisiren liess. Man könnte sich über die Unbequemlichkeit des Verfahrens hinwegsetzen, wenn auf Erlangung sicherer Resultate zu rechnen wäre, aber dies ist leider nur zum Theil der Fall. Es ist leicht genug, Trachyt- und Basaltglas durch weit gehende Entglasung in ein halbkrystallinisches Gestein zu verwandeln, zwischen dessen Mikrolithen nur kleine Flecke isotropen Glases übrig geblieben sind, aber recht schwierig ist es, auf dem Wege der absichtlichen Entglasung die interessanten ersten Stadien der Krystallbildung, die „Krystalliten“ Vogelsangs zu erhalten, es scheint hierfür auf kleine Differenzen in der Höhe der Temperatur und in der Schnelligkeit der Abkühlung anzukommen, die so geringfügig sind, dass sie sich der Schätzung entziehen. Hat man wirklich einmal Krystalliten führenden künstlichen Tachylyt oder Obsidian erhalten, so darf man nicht darauf rechnen, bei einem zweiten Schmelzversuch mit demselben Material und unter denselben zeitlichen Verhältnissen dasselbe Präparat zu erhalten. Wenn ich endlich noch den oben erwähnten Umstand berücksichtigte, dass man an Entglasungsproducten geschmolzener Silikate niemals den Verlauf der Krystallbildung continuirlich verfolgen kann, sondern sich aus einzelnen Stadien desselben ein Gesammtbild des Vorganges construiren muss, so schien mir Grund genug vorhanden, die Versuche mit geschmolzenen Silikaten bis auf Weiteres aufzugeben, und dafür nach Substanzen zu suchen, die unter dem Mikroskopobjectiv krystallisirend, die gewünschten Produkte liefern könnten. In den glasigen und halbglasigen Gesteinen kann es kaum etwas anderes, als die Zähflüssigkeit der langsam erstarrenden Glasmasse sein, was hemmend und formverändernd auf die Krystallbildung einwirkt: könnte dieselbe Einwirkung auf krystallisirende Lösungen durch Zusatz zähflüssiger Lösungen amorpher Substanzen, etwa von Harzen, von Leim, von Dextrin erzielt werden, so hätte man eine reichliche Auswahl

bequemer Beobachtungsobjecte vor sich. Es bedarf indess gar nicht allemal eines zähflüssigen Mediums zur Hervorbringung der uns beschäftigenden Krystallisationsphänomene, sie können auch durch die Adhäsion dünner Häutchen von krystallisirenden Lösungen an festen, glatten Flächen zu Stande kommen, wo dann die Adhäsion die Krystallisationsbewegung in ähnlicher Weise einzuengen scheint, wie es im andern Fall die Verdickung der Lösung thut. Dahin gehören die durch Efflorescenz gebildeten Eistrichite[1]) die wolligen Efflorescenzen von kohlensaurem Natron (sogenannter Mauersalpeter) auf salzhaltigen Mauern, endlich die aus dünnen Schichten von Wasser oder durch unmittelbares Gefrieren von Wasserdampf auf Glas entstehenden Eisdendriten unserer Fensterscheiben, die mit ihren schön geschwungenen Linien meistens gar nicht mehr an die hexagonalen Formen des Schnees erinnern.

Von diesen Betrachtungen ausgehend hatte ich im Sommer 1870 die unten zu besprechenden Sublimationsversuche mit Indigo gemacht und angefangen, mit Lösungen von Pikrinsäure und pikrinsauren Salzen, denen Leim oder Dextrin zugesetzt wurde, zu experimentiren, als mir die schöne Abhandlung Vogelsangs über Schwefelkrystalliten in den Archives Neerlandaises für 1870 zu Gesicht kam. Ich habe Vogelsangs Versuche wiederholt, sie modificirt, und das mehrfach modificirte Verfahren auf andere Substanzen mit Erfolg angewendet.

Vogelsangs Verfahren bestand darin, eine Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff mit einer Lösung von Canadabalsam in demselben Lösungsmittel zu mischen und Tropfen dieser Mischung unter dem Mikroskop verdunsten zu

[1]) Drehrunde, haarähnliche mikroskopische Fäden von Eis finden sich nach einer mündlichen Mittheilung, meines Freundes H. L. Flögel in Kiel, der diese Beobachtung selbst weiter zu verfolgen gedenkt, hin und wieder bei geringer Kälte auf morschem Holz, auf dem sie wollige Ueberzüge bilden.

lassen. Dabei erhält man, wenn das durch einige Versuche zu ermittelnde Mischungsverhältniss richtig getroffen ist, als erstes Ausscheidungsproduct amorphe (einfach brechende) Kugeln von Schwefel, von verschiedener Grösse (Globuliten nach Vogelsang), die durch gegenseitige Anziehung und durch Strömungen in der verdunstenden Flüssigkeit bewegt, in derselben herumschwimmen, zum Theil isolirt bleiben, zum Theil sich zu Reihen, oder zu regelmässig gegliederten, Krystallskelette darstellenden Haufen — Krystalliten — ordnen. Sie können dabei amorph bleiben, oder sich nach einiger Zeit, die zwischen Bruchtheilen einer Minute und mehreren Tagen variiren kann, zu mikroskopischen Krystallen umbilden. Die Krystallisation eines Globuliten kann plötzlich herbeigeführt werden durch Berührung mit einem fertigen Krystall, Reihen von Globuliten verfliessen dabei zu einem meist knotigem Stäbchen oder einer Nadel, zu Longuliten oder Doruliten.[1] Wie gesagt sind die Globuliten das erste Ausscheidungsprodukt, welches Vogelsang wahrgenommen hat, und bei Wiederholung der Versuche nach seiner Vorschrift bin ich zu demselben Resultat gelangt. Die vielen Unbequemlichkeiten, welche die Anwendung von Schwefelkohlenstoff als mikroskopisches Reagenz mit sich bringt, die hauptsächlich in seiner grossen Flüchtigkeit und seinem penetranten Geruch ihre Ursache haben, bewogen mich nach den ersten gelungenen Versuchen, nach einem anderen Lösungs-Mittel zu suchen, welches die Krystallisation des Schwefels mit mehr Musse und Bequemlichkeit zu studiren gestattete. Da trifft es sich nun sehr glücklich, dass der Schwefel nicht allein sehr geneigt ist zur Entwickelung eines grossen Formenreichthums, sondern zugleich weniger empfindlich für die Beschaffenheit des Lösungsmittels, als viele andere Substanzen. Er liefert in Terpentinöl

---

[1]) Vgl. auch: Zirkel. Mikrosk. Beschaffenh. d. Mineral. S. 94—97.

gelöst, alle Formen, die Vogelsang beschrieben hat, und ausserdem noch einige, über die ich bei Vogelsang nichts angegeben finde, weil sie mit Schwefelkohlenstoff wahrscheinlich gar nicht erhalten werden können, wogegen z. B. Pikrinsäure und Canadabalsam in Aether gelöst leicht Belonite, und fast nur diese liefert, während dasselbe Gemenge mit Benzol als Lösungsmittel eine ausgesprochene Neigung zur Ausscheidung complicirterer Formen hat. Will man mit Lösungen von Schwefel in Terpentinöl arbeiten, so kommt es, wie bei der Anwendung von Schwefelkohlenstoff, vor allen Dingen darauf an, das richtige Verhältniss zwischen der Quantität des Schwefels und des zugesetzten Canadabalsams zu treffen. Die Operationsmethode, bei der ich stehen blieb, war folgende: Man löst in einem Probirröhrchen von ca. 6 Cent. Länge und 7 Millim. Durchmesser ein Stückchen Schwefel von ein paar Decigr. Gewicht in möglichst wenig heissem Terpentinöl und setzt ein Viertel vom Volum des Schwefels an hartgesottenem Canadabalsam hinzu, bringt nach erfolgter Lösung ein Tröpfchen des heissen Gemisches bei 200facher Vergrösserung unter das Mikroskop und vermehrt, wenn sich noch vorwiegend Krystalle ausscheiden sollten, die Quantität des Canadabalsams, wobei man mit einiger Vorsicht zu Werke gehen muss, da der Canadabalsam viel leichter in Lösung zu bringen ist, als ein durch allzugrossen Balsamzusatz nöthig gewordenes Stück Schwefel. Nach drei bis vier Vorversuchen hat man gewöhnlich seinen Zweck erreicht. Bekommt man nur feine, isolirt bleibende Tröpfchen, so ist die Quantität des Schwefels zu klein, oder es ist, was indessen nicht leicht vorkommen kann, zu wenig Terpentinöl vorhanden. Ist das Verhältniss richtig getroffen, so erhält man alle von Vogelsang angegebenen Combinationen von Globuliten und hat die Annehmlichkeit, ihre Bildung, die bis zu einer Stunde in Anspruch nimmt ganz bequem verfolgen zu können. Einige Krystalle entstehen immer

nebenher, diejenigen, welche sich in den ersten Minuten absetzen, während die Flüssigkeit erkaltet, sind Prismen (β Schwefel), die später durch Verdunstung des Lösungsmittels ausgeschiedenen sind Rhombenoctaëder (αSchwefel). Dampft man einen Tropfen des Gemisches auf dem Objectträger stark ein, so erfolgt, wenn nicht viel Schwefel zugegen war, gar keine Ausscheidung in dem Rückstande, im andern Falle entstehen nach dem Erkalten kleine Globuliten, die sich weder vereinigen, noch zu kenntlichen Krystallen umzuwandeln vermögen; ist endlich die Quantität des Schwefels überwiegend gross, so kann auch vollständige Entfernung des Terpentinöls seine Ausscheidung nicht hindern: der Abdampfungsrückstand wird unter dem Erkalten milchweiss und ist nur am äussersten Rande nur noch ein wenig durchscheinend. Starke Vergrösserungen zeigen hier bei guter Beleuchtung, dass die Trübung durch dicht gedrängte Kügelchen hervorgebracht wird, die so klein sind, dass sie bei 1000facher Vergrösserung noch keinen messbaren Durchmesser haben. Die Masse hat im Ansehen die grösste Aehnlichkeit mit der von Vogelsang als „matière felsitique" bezeichneten welche die staubigen Partien in vielen Pechsteinen ausmacht, und dieser Versuch unterstützt Vogelsangs Ansicht von der Zusammengehörigkeit der Globuliten und der felsitischen Körnchen, während er zugleich als Bedingungen für das Zustandekommen felsitischer Entglasung ein schnelles, vollständiges Erstarren eines amorphen Mediums und grossen Reichthum desselben an krystallisirbarer Substanz erkennen lässt. Genau dasselbe Bild, wie ein nach der eben gegebenen Vorschrift angefertigtes Schwefelpräparat bietet ein Dünnschliff von Flaschenglas (einerlei ob von Bordeaux- oder von Rheinweinflaschen) das durch dreistündiges, bis zur Abrundung der Kanten gesteigertes Glühen in Kreide oder Kohkspulver entglast ist. Das Glas verliert dabei fast gänzlich seine Farbe und viel von seinem Glanz, es ist milchweis

geworden, mit einem Stich in's Gelbe, fettglänzend, und hat einen hohen, dem des Porzellans gleichkommenden Grad von Härte angenommen. Dabei ist die entglaste Masse selbst in den dünnsten Splittern so wenig durchscheinend und so geneigt zur Bildung mikroskopischer Risse, dass nicht daran zu denken ist, mehr als einzelne Stellen am äussersten Rande des Präparats so dünn zu machen, dass sie die Untersuchung in durchfallendem Licht gestatten, wenn man nicht eine vorsichtige Aetzung mit Fluorwasserstoff zu Hülfe nehmen will. Um diese etwas umständliche Operation, die mir mehrmals, bei der mikroskopischen Untersuchung von Porzellan und von feinkrystallinischen Laven gute Dienste geleistet hat, auszuführen, umfährt man das bis 60° erwärmte Präparat mit einem Stängelchen von Wachs oder Aetzgrund, trägt, wenn der dünne Wachsring eben fest werden will, mittelst eines Hölzchens oder Pinsels geschmolzenes Wachs auf, bis ein Wall von 2 bis 3 Millimeter Höhe entstanden ist, reinigt innerhalb desselben das Präparat von etwa darauf gekommenen Wachs mittelst einer stumpfen Messerspitze und füllt die Zelle mit schwacher Fluorwasserstoffsäure, die man, weil sie ohne Nachtheil für das Präparat schwefelsäurehaltig sein kann, am besten ex tempore herstellt durch Zersetzung von Fluorbarium im Platinschälchen, Verdünnung bis auf 5 pCt. Säuregehalt und Abgiessen der einigermassen geklärten Säure. Hat die Säure einige Minuten eingewirkt, so spült man sie ab, lässt das Präparat unter gelinder Erwärmung trocken werden und überzieht ein Sechstel oder ein Viertel mit Aetzgrund, dem man, um ihn leichter schmelzbar zu machen, ein paar Tropfen Benzol zugesetzt hat, um den Rest des Präparats nochmals mit Fluorwasserstoff zu behandeln. So fährt man fort, bis fünf Sechstel des Präparats mit Wachs bedeckt sind, entfernt das Wachs mit Terpentinöl und Alkohol oder bequemer mit Petroleumäther, erwärmt vorsichtig, so dass der Canadabalsam nicht zum Schmelzen

kommt, mit concentrirter Schwefelsäure, wodurch die unlöslichen Doppelfluoride zerstört werden, hierauf, nach abermaligem Abspülen, mit mässig verdünnter Kalilauge und schliesslich, behufs Entfernung der Kalkerde, mit Salzsäure. Es wird dann meistens ein Theil des Schliffs verschwunden und die angrenzende Partie für die mikroskopische Untersuchung geeignet geworden sein, widrigenfalls ist die ganze Procedur mit erhöhter Vorsicht zu wiederholen. [1]) Die mikroskopische Untersuchung von entglastem Flaschenglas, das in der soeben beschriebenen Weise präparirt worden ist, bestätigt das oben Gesagte: man findet darin nicht einen einzigen mikroskopischen Krystall, das ganze Gesichtsfeld ist nur von unmessbar kleinen Körnchen erfüllt. Etwas grössere Körnchen kommen vielfach in Ziegelschlacken vor, von spiessigen Mikroliten begleitet, sie pflegen hier ganz nach Art des felsitischen Staubes mancher Grünsteine (Aphanit von Gökum und Bärum in Norwegen, mehrere harzer und

[1]) Mit Präparaten die nicht zu sehr dem Zerbröckeln ausgesetzt sind, kann man auch folgendermaassen verfahren: Der Schliff wird von seiner Unterlage getrennt (durch Erwärmen und Abschieben mit einem stumpfen Messer), durch Sieden in Terpentinöl und Alkohol vollständig von Canadabalsam befreit und mit ein wenig festem Klebwachs, welches man an eine vorspringende Ecke anschmelzt an das Oehr eines Platindrahts befestigt. Man taucht ihn nunmehr in schwache Fluorwasserstoffsäure, zuerst ganz, später theilweise, und erhält ihn darin in gelinder Bewegung. Die weitere Behandlung ist die im Text angegebene, das Abspülen wird ausgeführt, indem man den Schliff mitsammt dem Reagens in eine grössere Menge Wasser schüttet, unter dem sich Quecksilber befindet und ihn mit einem Objectträger vorsichtig wieder herausfischt. Werden mikrokrystallinische Gesteine, die reich sind an Hornblende oder Augit nach diesem Verfahren so lange geätzt, bis sie unter der Lupe siebartig durchlöchert erscheinen, so erhält man prachtvolle Präparate, wahre Gesteinsskelette, an denen man die Structur und Aggregation der Augit- und Hornblendekryställchen vortrefflich studiren kann. Weiteres darüber unten. Man lässt sie auf dem Objectträger eintrocknen und befestigt das Deckglas mit einer Lösung von Balsam in Chloroform, die sich leicht darunter ausbreitet.

nassauische Diabasaphanite) zu rundlichen mikroskopischen Häufchen zusammengedrängt zu sein. Das Porzellan enthält ebenfalls Körnchen und Mikroliten neben einander, von den letzteren um so mehr, je leichtflüssiger es ist; auch hier zeigen die Körnchen Neigung sich zu rundlichen Haufen zu vereinigen. Die felsitische Entglasung scheint thonerdereichen Gläsern eigen zu sein, ich habe in Präparaten von Fensterglas und von blassgrünem Hohlglas nur gut ausgebildete Mikroliten finden können. Die Entglasung geht allemal von der Oberfläche des Scherbens gegen die Mitte. Dicht unter der Oberfläche hat man langgestreckte Spiesse, die regellos von derselben nach innen strahlen; sie haben die Form der im Pflanzenreiche weit verbreiteten beiderseitig zugespitzten Nadeln von oxalsaurem Kalk, der sogenannten Raphiden, und lassen von der nach innen gewendeten Spitze Büschel von feineren Nadeln, ähnlich einer Haferähre, herabhängen. In grösserer Entfernung von der Oberfläche werden die Spiesse durch rhombische Täfelchen ersetzt, die zu zwei unter schiefen Winkeln sich schneidenden Systemen paralleler Säulen aufeinandergeschichtet, nicht, wie so oft, wenn von Réaumur'schem Porzellan die Rede ist, angegeben wird, zu „Dendriten" verwachsen sind.

Es war zu vermuthen, dass felsitische Körnchen, wenn sie krystallinisch geworden sind, sich vergrössern und ihre Form verändern können, es war ferner nicht unwahrscheinlich, dass sie unter geeigneten Verhältnissen nach Art der grösseren Globuliten, mit denen sie ja nahe verwandt zu sein scheinen, sich an einander reihen und Krystalliten besonderer Art bilden könnten. Als etwas derartiges müssen die von Zirkel im Gestein vom Monte Glosso (Euganeen) und in mehreren Tachylyten aufgefundenen farnkrautähnlichen Körneraggregate angesehen werden. Ich habe dieselben auf experimentellem Wege sowohl aus verdickten Lösungen, die bei gewöhnlicher Temperatur krystallisirten (S. unten: Krystalliten der

Pikrinsäure, S. 55, flg.) als auch aus Glas, das durch $1^1/_2$ stündiges Glühen zur Krystallisation gebracht wurde, erhalten. Die letzteren Präparate sind wirklich ein künstlicher Tachylyt, zu dem das Glas durch Schmelzung von feingepulvertem Laurenburger Basalt hergestellt wurde; einzelne Partien derselben sind voll von felsitischem Staub, bis auf die Stellen, wo sich die feinen Farnkrautwedel gebildet haben, deren Fiederchen nichts anders sind, als Reihen felsitischer Körnchen. Jeder Wedel ist von einem lichten, relativ körnchenfreien Hofe umgeben, aus dem offenbar das Material zum Aufbau der Fiederchen entnommen wurde. Für das Studium dieser Gebilde ist eine von Vogelsang untersuchte und abgebildete Eisenschlacke von der Sayner Hütte (Vogelsang: Sur les cristallites, Arch. Neerland. 1870), von der ich durch die Güte des Herrn Professor Zirkel Proben erhalten habe, sehr lehrreich, insofern dieselbe in buntem Durcheinander mannigfaltig geformte Aggregate von Kügelchen dunkelgrünen Glases in farblosem Glase eingeschlossen enthält, die sich bei genauer Prüfung alle auf die Grundform der Wedel im Tachylyt zurückführen lassen. Man hat hier schön ausgebildete krumme und geradaxige Wedel, deren Fiedern aus Kügelchen der verschiedensten Grösse zusammengesetzt sind, neben solchen, deren Spitze in eine Nadel ausläuft und neben pfriemenähnlichen Gebilden, die nur noch am einen Ende auf eine kleine Strecke sich in paarige Körnerreihen auflösen; in unmittelbarer Nachbarschaft von isolirten Wedeln, die zum Theil noch nicht einmal ganz fertig geworden sind, liegen Rosetten, deren vier Aeste nichts anderes sind, als geradaxige Wedel, und zwischen diesen einfacher und gröber gebaute, die mit Vogelsangs Schwefelkrystalliten die grösste Aehnlichkeit haben. Alle diese Formen sind durch zahlreiche Uebergänge so eng mit einander verbunden, dass Jedem, der ein gutes Präparat dieser Schlacke mit Aufmerksamkeit durchsucht, der Gedanke einleuchtend werden muss: sie seien sämmtlich

als Glieder einer und derselben Entwickelungsreihe aufzufassen.

Die selbstständig gebildeten Aggregate von Körnchen dürfen nicht mit ähnlich aussehenden verwechselt werden, die ihren Ursprung der Attraction eines centralen Mikroliten verdanken. Ausgezeichnete Bildungen dieser Art sind von Zirkel nach Präparaten eines dunkelgrünen Pechsteins von der Insel Arran beschrieben und gezeichnet worden [1]. Das Gestein führt in farbloser Glasmasse schöne Nadeln und Spiesse von blassgrüner Hornblende, die von höchst feinen, ein wenig gekräuselten Haaren derart eingehüllt sind, dass sie einigermaassen mit Tannenbäumchen verglichen werden können. Die Haare sind Reihen der allerfeinsten Körnchen, von denen auch der Raum zwischen je zwei Bäumchen getrübt ist, mit Ausnahme einer schmalen lichten Zone um ein jedes derselben die das Material zu den Körnerreihen der Baumkrone geliefert hat. Aehnliche Verhältnisse habe ich in mehreren künstlichen Krystallisationsproducten beobachtet, zuerst in Präparaten die mittelst Alizarin und hartem Canada balsam hergestellt waren. Löst man Alizarin unter Beihülfe von Wärme in Anilin, verdickt die Lösung mit hartem Canadabalsam und dampft sie mässig ein, so erhält man fast nur Raphiden, staubförmiges Alizarin entsteht nur dann, wenn die stark eingedampfte Mischung in hohem Grade übersättigt ist. Es fällt heraus, während der Tropfen durch Erkaltung fest wird, später kommen nur noch zweispitzige Nadeln (Raphiden) zum Vorschein. Viel leichter erhält man Alizarinstaub bei Verwendung von Benzol oder Toluol als Lösungsmittel, er stellt sich auch hier während des Erkaltens ein, ist aber, weil das Benzol und Toluol bei Weitem nicht so viel Alizarin aufzunehmen vermögen, als das Anilin, viel weniger zur weiteren Ent-

[1]) Zirkel, Geol. Skizz. v. d. Westküste Schottlands, S. 45, Taf. II Fig. 7, in Ztschr. d. d. geol. Gesellsch. 1871.

wickelung befähigt, die hauptsächlich darin besteht, dass die Körnchen langsam an Dicke zunehmen und dabei grösstentheils ihre sphärische Form einbüssen. Die meisten werden länglichrund und bekommen Auswüchse, die ihnen eine keulen- oder birnförmige Gestalt geben, ein kleinerer Theil geht durch einseitig überwiegenden Stoffansatz in die Form kurzer Prismen mit abgerundeten Enden (Zirkels Belonite) über. Die Dickenzunahme und die Formveränderungen gehen sehr langsam vorwärts, nach 24 Stunden ist noch Nichts davon zu bemerken, und der ganze Wachsthumsprozess, der in einer unverdickten Lösung in wenigen Sekunden beendigt sein kann, nimmt mehr als eine Woche in Anspruch. Einmal erschien in einer mit viel hartem Canadabalsam versetzten, bis zu splittriger Consistenz erhärteten Lösung von Alizarin in Phenol, welches ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für diese Substanz ist, feiner Staub fast gleichzeitig mit Raphiden, die bald eine ansehnliche Länge erreichten, während die Stäubchen nicht merklich an Durchmesser zunahmen. Nach einigen Tagen zeigte sich die merkwürdige Erscheinung, dass ein Theil des Staubes sich den Mikroliten angelagert hatte, trotzdem die Masse so hart war, dass sie unter dem Druck des Fingernagels splitterte. Um jede Nadel von Alizarin hatte sich ein klärer Hof gebildet, der mittlere Raum zwischen je zwei oder drei Nadeln war noch durch ein nach der Mitte zu dichteres Staubhäufchen getrübt. Diejenigen Körnchen, welche der Anziehung der Mikroliten Folge geleistet hatten, lagen diesen so dicht und so gleichmässig an, dass man Mühe hatte, sie von denselben getrennt zu sehen, und über ihre Anordnung — ob regellos, oder in Reihen, die zu den Kanten der Mikroliten senkrecht stehen — nichts zu ermitteln war.

Was hier in einer festen Masse geschah, musste sich in einer halb flüssigen viel leichter und schneller zu Wege bringen lassen und ich hoffte bei den vielen hierauf ge-

richteten Versuchen zugleich etwas über die Attractionssphäre eines prismatischen Krystalls zu erfahren. Nach langem Experimentiren blieb ich bei dem folgenden Verfahren, als dem sichersten und lehrreichsten stehen. Es werden einige Centigramme Cinchonin unter Zusatz von 10 bis 15 pCt. Alizarin in absolutem Alkohol unter Erhitzen gelöst, und die Lösung in einer Schicht von 0.5 Mm. Dicke auf dem Objectträger ausgebreitet der freiwilligen Verdunstung überlassen. Das Alizarin, welches ursprünglich der Lösung in ganz anderer Absicht, als blosser Farbstoff zugesetzt wurde, wirkt als Säure, es bildet mit einem Theile des Cinchonins ein rothes nicht krystallisirendes Salz, welches einen Antheil Cinchonin und Alkohol hartnäckig festhält, damit eine zähe syrupähnliche Masse bildend, die wie ein rother Firniss in dünner Schicht den Objectträger überzieht. Darin scheiden sich alsbald wohl ausgebildete Nadeln von reinem, farblosem Cinchonin aus theils einzeln, theils zu weitschichtigen Garben und Sternen verwachsen, und um sie herum, in der zähen rothen Grundmasse feine, dunkler gefärbte Tröpfchen, auf deren Verhalten zu den Cinchoninnadeln es uns ankommt, denn gegen ihres gleichen verhalten sie sich ganz indifferent. Ein Theil davon legt sich an die Cinchoninnadeln an, in Reihen, die senkrecht zu den Seitenflächen der Nadeln stehen, wodurch Bäumchen zu Stande gebracht werden, die in roher Weise die Tannenbäumchen des Pechsteins von Arran nachahmen, rings umgeben von einem blassen weisslichen Hofe, in dem zahllose blassere parallele Riefen die Wege markiren, welche die einzelnen, von der centralen Nadel angezogenen Tröpfchen in der zähen rothen Flüssigkeit durchlaufen haben. So beschaffen ist das Bild eines solchen Präparats einige Stunden nach seiner Anfertigung. Während des Wachsthums und kurz nach Beendigung desselben ist der Hof um isolirte gut gewachsene Nadeln bis zur wachsenden Spitze von gleichmässiger Breite, und seine Grenzen den Seitenflächen

der Nadel parallel, vor der Spitze rundet er sich ab, dieselbe mit einem Bogen umschliessend, wird schmäler und verwaschen, die Riefung ist hier radial, recht undeutlich, dicht hinter der Spitze tritt sie mit voller Deutlichkeit hervor und steht von nun an senkrecht zur Längenaxe der Krystallnadel. Wächst aus einer Nadel irgendwo eine eine zweite an, so hat das gar keinen Einfluss auf die Stellung der Riefen in den Höfen beider Nadeln, die Riefen welche der Attractionssphäre eines jeden der beiden verzwillingten Krystalle angehören, stehen nach wie vor senkrecht zur Längenaxe desselben, so dass in dem Zwischenraum zwischen beiden die zwei Systeme von parallelen Riefen sich unter dem Zwillingswinkel schneiden. Die Riefung um den älteren Krystall war ganz oder wenigstens zum grössten Theil fertig, als der zweite zu wachsen begann, konnte also nicht wesentlich von diesem beeinflusst werden, dagegen möchte man annehmen, dass die Theilchen, welche aus dem Zwischenraume zwischen beiden Krystallen zur Vergrösserung des jüngeren herbeigezogen wurden, durch die Anziehung des älteren, dessen Masse in den meisten Fällen die überwiegende ist, von ihrem Wege wären abgelenkt worden, und nun zeigt die mikroskopische Untersuchung solcher Krystallpaare nichts derartiges, die Bewegung der Theilchen gegen jeden der beiden Krystalle ist so erfolgt, als ob der zweite Krystall gar nicht vorhanden gewesen wäre, oder, richtiger gesagt, so, als ob die Attraction des fertigen Krystalls verschwindend klein gewenes wäre im Vergleich mit der Attraction, welche der wachsende Krystall auf die umliegenden Theilchen ausübte. Es bieten sich zwei Wege auf denen man es versuchen kann, zu einer Erklärung dieses scheinbaren Widerspruchs zu gelangen, man kann annehmen, dass der wachsenden Spitze eines Krystalls wirklich eine ungleich stärkere Attraction inne wohne, als einem benachbarten fertigen Krystall oder fertigen Theilen desselben Krystalls, oder man kann die Ursache

der ungleich starken Wirkung der Attraction beider Krystalle in ungleicher Vertheilung und Anordnung des krystallisirbaren Materials suchen. Die erstere Annahme machen, hiesse dem wachsenden Krystall gewissermassen eine Lebensthätigkeit zuschreiben, es müssten ihm durch den Stoffansatz an der Ansatzstelle Kraftvorräthe zugeführt werden, welche die gesteigerte Intensität der Attraction im Vergleich mit solchen Partieen desselben Krystalls an denen kein Stoffansatz oder ein geringerer Stoffansatz stattfindet, bedingten, und wenn ich auch aus später zu erörternden Gründen geneigt bin, für lang gestreckte Krystalle an den Endflächen grössere Intensität der Attraction vorauszusetzen, als an den Seitenflächen, so widerstrebt es mir doch, auf Grund einer Beobachtung eine dynamische, zeitweilige Verschiedenheit morphologisch gleichwerthiger Partien anzunehmen. Ich glaube, dass die richtige Erklärung auf dem anderen der beiden angedeuteten Wege zu finden ist, wenn man annimmt, dass von dem wachsenden Ende der Cinchoninnadeln eine von Theilchen zu Theilchen fortgepflanzte Influenzwirkung ausgeht, einigermaassen vergleichbar der magnetischen Influenz in einem Haufen von Eisenfeilspänen, die an diesem Ende, vor welchem ein relativ grosser Vorrath von krystallisirbarer Substanz liegt, leichter und auf grössere Entfernung sich entwickelt, als längs den Seitenflächen, die von einem relativ substanzarmen Raume umgeben sind; ich glaube dies um so mehr, als wir weiter unten sehen werden, dass die Existenz dieses substanzarmen Raumes bei der Erklärung der Phänomene der Krystallbildung in resistenten Medien überall und in erster Linie in Betracht kommt. — Nach zwei Tagen hat sich das mikroskopische Bild eines Cinchoninpräparats stark verändert: die Riefung der Höfe ist verschwunden, die Contouren derselben haben sich langsam verändert, und sind nicht mehr glatt, sondern mannichfach gezackt und mit Mikroliten besetzt, endlich sind die den cen-

tralen Nadeln anliegenden Körnerreihen mit diesen und unter sich verflossen und ihr Material grösstentheils zur Verdickung der Nadel verbraucht, an welche sie sich angelegt hatten. Die Höfe haben sich vergrössert, auch den Spitzen der Krystallnadeln gegenüber, wo sie zugleich deutlicher geworden sind; liegt in ihnen nicht eine einzelne Nadel, sondern eine Gruppe von Krystallspiessen, so haben sie ihre grösste Breite gegenüber den Stellen der Gruppe, wo die grösste Masse von Krystallsubstanz angehäuft ist, also bei besenförmigen und garbenförmigen Gruppen auf halber Länge derselben. Es erklärt sich das leicht genug mit Berücksichtigung der allgemeinen Massenanziehung, dagegen scheint es auf den ersten Blick recht sonderbar, dass um den Stiel besenförmiger Krystallgruppen oft nur ein ganz schmaler, undeutlicher Hof vorhanden ist. Ursprünglich haben die Höfe an diesen Stellen gewiss dieselbe Breite gehabt, wie an den jüngeren Partieen der Krystallgruppen, während diese heranwuchsen hatte die umgebende Masse noch Beweglichkeit genug, in die zuerst gebildete Strecke des Hofes einzudringen und dieselbe schmäler und verwaschen zu machen. Vergleichende Messungen, die von Stunde zu Stunde an derselben Krystallgruppe ausgeführt wurden, haben diese Vermuthung vollkommen bestätigt; sie beweisen, dass die Breite der Höfe zuerst langsam, dann eine kurze Zeit lang schnell, von da an immer langsamer abnimmt. Bestimmte Zeiträume lassen sich hierfür nicht angeben, da die Intensität der Verdunstung von Tag zu Tag wechselt, im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Breite der Höfe vom zweiten Tage ab sich nicht merklich ändert. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass um diese Zeit gar keine Veränderungen in dem Präparat vorgehen, dasselbe behält noch mehrere Tage einen gewissen Grad von Beweglichkeit, der sich durch die bis zum vierten Tage beobachtete Entstehung von stumpfen Nädelchen (Beloniten) an den Rändern der Höfe kund giebt. Im All-

den centralen Krystall dieselbe, wie die der oben erwähnten Riefen: um die Spitze isolirter Krystalle stellen sie sich wie die Steine eines Gewölbebogens, längs den Seitenflächen sind sie unter einander parallel. Wo zwei Krystalle V förmig verwachsen sind, ist die Stellung der Belonite an der Aussenseite des Winkels die soeben für isolirte Krystalle angegebene; jeder der beiden Schenkel des Winkels ist von einem Bande senkrecht zu ihm stehender Nädelchen begleitet, das sich um seine Spitze herumbiegt, und nun nach Analogie der Riefung an demselben Schenkel fortlaufen sollte; statt dessen verflachen sich vor der Oeffnung des Winkels die beiden Bögen bis zur Durchschneidung und von ihrem Durchschnittspunkt aus zieht sich ein Strang paralleler Belonite in die Oeffnung des Winkels hinein, der verlängert durch den Scheitel desselben gehen würde. (Fig. 1.) Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dass dies Verhalten der Belonite dem der Riefen bildenden Körner entgegengesetzt (S. 22.) und so beschaffen ist, wie es die gemeinsame Action der beiden verwachsenen Krystalle nach dem Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte verlangt. [1])

Die Cinchoninpräparate werden an Feinheit weitaus von Präparaten aus Selenphosphor übertroffen, bei denen man auch nicht zweifelhaft sein kann, dass man es mit Aggregaten ächter Globuliten zu thun hat, die sich zu parallelen Reihen ordnen. Reines Selen ist in Schwefelkohlenstoff fast unlöslich, löslicher in Phenol und in Anilin, aus denen es in Form winziger Prismen von höchstens 4 mik. Länge auskrystallisirt. Das käufliche Selen enthält ein wenig Selenschwefel, der in Schwefelkohlenstoff leichter löslich ist, als reines Selen, und mit diesem

[1]) Von verwandten Erscheinungen, die sich in einem lange gelegenen Präparat von pikrinsaurem Ammoniak gezeigt haben, wird zu Ende dieser Schrift ausführlich gehandelt werden.

Lösungsmittel behandelt, schön ausgebildete, dem Eisenglanz des Carnallits ähnlich sehende hexagonale Täfelchen und sehr kleine rothe sechs- und zwölfstrahlige Rosetten von dem Bau der Schwefelkrystalliten liefert. Selenphosphor erhält man durch Zusammenschmelzen von Selen und überschüssigem Phosphor unter Petroleum und Ausziehen mit kaltem Schwefelkohlenstoff, der nur geringe Mengen von Selenphosphor aufnimmt. Der dunkelgelbe Rückstand giebt mit Schwefelkohlenstoff und ein wenig flüssigem Canadabalsam gekocht eine blassgelbe Lösung, die auf dem Objectträger frei (ohne Deckglas) verdunstend gelbe Prismen und Krystalliten, deren Aeste sich unter rechten Winkeln schneiden, sowie dunkelgelbe isolirte Globuliten absetzt, die sich nach einigen Minuten in quadratische Täfelchen umwandeln. Kocht man dieselbe Substanz mit Anilin und ein wenig Canadabalsam, so gewinnt man eine intensiver gelb gefärbte Lösung, die bei der Verdunstung nur feine Nadeln und äusserst kleine Globuliten giebt, die sich grösstentheils in der bei den Cinchoninpräparaten besprochenen Weise an die Nadeln anlegen. So entstehen Bündel, die an den Enden ein wenig verbreitert und gelockert sind, so dass sie an Getreidegarben erinnern: ihre Structur ist so fein, dass man in natürlichen und künstlichen Entglasungsprodukten kaum ihresgleichen finden wird. Daneben entstehen vierstrahlige, aus eben so feinen Globuliten zusammengesetzte Rosetten, Miniaturbilder der sogleich zu beschreibenden Krystalliten des Phosphors. Uebergiesst man ein Präparat von Selenphosphor vorsichtig mit Schwefelkohlenstoff, nachdem man zuvor ein Deckglas lose aufgelegt hat, so werden die kleinen Globuliten fast augenblicklich gelöst, sie werden, während der Schwefelkohlenstoff verdunstet, grösstentheils durch regellos zerstreute quadratische Täfelchen ersetzt, und man kann jetzt die vorher von den Globulitenketten gemeinen ist die Richtung der Belonite mit Bezug auf

halb verdeckten Mikrolithen, welche die Axen der Bündel ausmachten, deutlich erkennen.

Reiner Phosphor ist ein ausgezeichnetes Material, wahrscheinlich das beste von allen, für die Demonstration von Globuliten und rosettenförmigen Krystalliten. Der Phosphor liefert bei schneller Ausscheidung auf dem Objectträger niemals Krystalle, selbst dann, wenn er in reinem Chloroform oder Schwefelkohlenstoff gelöst ist, stellen sich in frei verdunstenden Tropfen nur Globuliten ein, von denen ein kleinerer Antheil sich zu Rosetten zusammenfindet, während die meisten isolirt bleiben oder zu grösseren Kügelchen zusammenfliessen. Wenn Benzol als Lösungsmittel angewendet worden ist, so bekommt man unfehlbar schöne Krystalliten, die unter einer mit Leuchtgas gefüllten Luftpumpenglocke Tage lang unverändert bleiben. Noch schöner, die besten Schwefelkrystalliten übertreffend, und gegen die oxydirende Einwirkung der Atmosphäre geschützt, erhält man sie aus einer mit hartem Canadabalsam und ein paar Tropfen Benzol versetzten Lösung von Phosphor in Schwefelkohlenstoff. In Betreff der Mischungsverhältnisse braucht man bei Anfertigung von Phosphorpräparaten nicht ängstlich zu sein; man sorge nur dafür, dass Phosphor im Ueberschuss zugegen ist, so dass ein Theil davon auch beim Sieden des Schwefelkohlenstoffs ungelöst bleibt, dann kann man sich mit dem Zusatz von Balsam innerhalb weiter Grenzen bewegen [1]). Schwefelphosphor, erhalten durch Auflösen von Schwefel und Phosphor in Schwefelkohlenstoff, giebt ungünstige Resultate. Es erscheinen zwar in der ver-

---

[1]) Da dieses Verfahren zur Darstellung von Krystalliten wegen seiner schnellen und sicheren Ausführung sich sehr für Demonstrationen eignet, will ich noch bemerken, dass die zuletzt beschriebene Lösung sich in gut verstopften Gläsern lange aufheben lässt, und durch den Balsamzusatz die feuergefährlichen Eigenschaften von Phosphorlösungen verloren hat.

dunstenden Lösung zahlreiche Globuliten, allein dieselben bleiben isolirt, oder sie bilden unregelmässige Haufwerke; nur dann, wenn gar kein Verdickungsmittel zugesetzt ist, zeigen sich stellenweise Spuren von Krystallitenbildung: die Globuliten treten in grosser Zahl, in Tropfen von 1 Centim. Durchmesser viele Hunderte auf einmal, zu dicken, rechtwinklig auf einander treffenden Strängen zusammen.

Die Krystalliten des Phosphors haben radiale Structur, lineare Globulitenketten kommen selten, continuirliche stab- oder pfriemenähnliche Formen (Doruliten nach Vogelsang) kommen gar nicht vor. Die Strahlen der aus grösseren und kleineren Globuliten zusammengeschossenen Rosetten schneiden sich, der dodekaedrischen Krystallform des Phosphors gemäss, unter Winkeln von 90° und 45°, bei weitem die Mehrzahl aller Rosetten ist vierstrahlig angelegt, die vier primären Strahlen senden zuerst nur rechtwinklig angesetzte secundäre Strahlen aus, in der Nähe ihrer Spitzen kommen solche hinzu, die mit dem primären Strahl Winkel von 45° einschliessen. Trotz dieser inneren Einfachheit gewinnen die Phosphorkrystalliten oft durch Ineinanderschieben zweier Rosetten (Doppelkreuze), durch Ansatz von Strahlen zweiter und dritter Ordnung, durch Verwachsung mehrerer Rosetten zu grösseren Gruppen ein recht komplicirtes, zierliches Ansehen. Die Strahlen zweiter Ordnung treten an den Phosphorkrystalliten so häufig und mit so grosser Regelmässigkeit auf, dass man bei ihrem Anblick, zumal der Doppelkreuze lebhaft an die kreuzförmig verwachsenen Wedel der Sayner Eisenschlacke erinnert wird, jedoch fehlen in den von mir untersuchten Phosphorpräparaten die einfachen Wedel und ihre Uebergänge zu einfachen Globulitenketten. Eigentliche Fäden und Stäbchen kommen auch nicht vor, doch finden sich in den Rosetten gar nicht selten verlängerte Glieder (Fig. 2.) die nicht krystallinisch sind, und für rudimentäre Formen stab-

förmiger oder fadenförmiger Krystalliten genommen werden müssen.

Wenn man der Lösung von Phosphor und Canadabalsam in Schwefelkohlenstoff statt des Benzols eine Flüssigkeit von höherem Siedepunkt, Toluol, Terpentinöl oder Anilin zugesetzt hat, so hält die Bildung von Krystalliten, die in einem frei verdunstenden Tropfen benzolhaltiger Lösung nach Verlauf einer Minute beendigt ist, bis zu einer Stunde an, zuerst entstehen die bekannten grossen Rosetten mit geraden Strahlen später erscheinen in ihren Zwischenräumen kleinere (vier- bis sechsmal so kleine) deren Strahlen aus viel kleineren Globuliten zusammengesetzt und oftmals so sonderbar gekrümmt sind (Fig. 2 rechts oben) dass man sie unter schwacher Vergrösserung, welche nicht mehr die einzelnen Globuliten unterscheiden lässt, für plumpe Trichitbüschel halten kann. Diese kleinen krummstrahligen Krystalliten, bei deren Entstehung, wie sich weiter unten ergeben wird, die Attraction der Glasfläche betheiligt ist, verwachsen unter einander, wie ihre grossen, regelmässig gebauten Verwandten es thun, und können dann äusserst zierliche Netze bilden. Fig. 4. soll eine Vorstellung von dem complicirten Bau derartiger Netze geben. Die Zeichnung ist bei 600facher Vergrösserung nach einem mit Terpentinöl bereiteten und mit Gummi und Glycerin verkitteten Schwefelpräparat angefertigt worden, nachdem dasselbe 14 Tage gelegen hatte. Das zierliche Maschenwerk besteht aus feinen, schön gebogenen Fäden von Schwefel, die vielfach mit kleinen Globuliten endigen. Zwischen gekreuzten Nicols erweist sich, nach Einschaltung einer Gypsplatte vom Roth I. Ordnung, das ganze Gebilde als schwach doppelt brechend, mithin als krystallinisch, wofür auch die glatten Contouren der Fäden sprechen; nichts desto weniger muss man, nach Analogie der umliegenden grösseren Schwefelkrystalliten, in denen vieler Orten Verschmelzung aneinander gereihter Globuliten vorkommt, und nach Analogie der netzförmig ver-

wachsenen krummstrahligen Phosphorkrystalliten, seinen Ursprung auf Verwachsung von Ketten feiner Globuliten zurückführen. Die schönen Formen der Zeichnung könnten vielleicht hie und da den Verdacht erwecken, dieselbe sei schematisch gehalten, ich will deshalb ausdrücklich bemerken, dass sie von mir selbst mit möglichster Treue und mit Hülfe der camera lucida angefertigt ist; die eleganten Biegungen haben wir vermuthlich der Langsamkeit zu verdanken, mit welcher die Verdunstung der letzten Reste von Terpentinöl in dem verkitteten Präparat vor sich ging.

Von den vielen Substanzen, die ich noch auf ihre Fähigkeit zur Globulitenbildung untersucht habe, verdienen nur die Stearin- und die Palmitinsäure besonders erwähnt zu werden. Lösungen von Palmitinsäure in Benzol geben bei ungestörter Verdunstung des Lösungsmittels hübsche Büschel dünner, gekrümmter Nadeln, die aus alkoholischen Lösungen dieser Substanz schon lange bekannt sind. Von Globuliten bemerkt man keine Spur. Bläst man über den Tropfen hin, um die Verdunstung des Benzols zu beschleunigen, so bildet sich auf demselben eine weisse Haut durch Einlagerung von Wasser, das aus der Athemluft durch die Verdunstungskälte niedergeschlagen wurde und nun zeigt er sich, wenn man ihn gegen das Ende des Verdunstungsprozesses mit 400facher Vergrösserung untersucht, voll von farblosen Globuliten, die grösstentheils zu Tropfen zusammenfliessen, welche sich an dem Objectträger festsetzen und sich auf demselben ausbreiten. Sie erstarren nach längerer Zeit zu blättrigen Krystallaggregaten. Was von den Globuliten nicht zusammenfliesst bleibt isolirt, oder findet sich allmählig zu Häufchen und Fäden zusammen, die schliesslich auch in den krystallinischen Zustand übergehen. Einige Male ist es mir gelungen diesen Uebergang zu beobachten und zu constatiren, dass Globulitenketten bei der Umwandlung in krystallinische Fäden durchaus glatte Contouren annehmen

können, an denen Nichts ihre Abstammung verräth, wenn man nicht etwa ihre bizarre Form als Kennzeichen ihrer zusammengesetzten Natur gelten lassen will. Sie gleichen ganz und gar den isolirten, gewundenen, hakenförmigen, blitzähnlich geknickten trichitischen Fäden mehrerer Trachytpechsteine aus Island und aus dem Cantal[1]). Eine Untersuchung der zwischen den trichitischen Fäden zerstreut liegenden dunklen stachligen Häufchen mit starker Vergrösserung lässt erkennen, dass sie weder krystallinisch gewordene Tropfen noch Haufwerke loser Kügelchen sind, sondern aus bunt durcheinander gewirrten Fäden bestehen, also den spinnenförmigen Trichitbüscheln mancher vulkanischen Gläser entsprechen und als eine rudimentäre Form derselben anzusehen sind. — Ich habe den Versuch mit Palmitinsäure so beschrieben, wie er zuerst angestellt wurde, später habe ich mehrmals statt des Wassers der Athemluft einen Zusatz von wasserhaltigem Aceton zum Benzol angewendet, um die Bildung von Globuliten herbeizuführen, auch die Palmitinsäure durch Stearinsäure ersetzt und damit, freilich nicht ganz so leicht und weniger gut ausgebildet, dieselben Produkte erhalten. Die in Fig. 4. abgebildeten trichitischen Fäden gehören einem Stearinsäurepräparat an. Mit verdickten Lösungen von Fettsäuren ist nichts zu machen, da Harze und Balsame die Krystallisationsfähigkeit der Fettsäuren ausserordentlich beeinträchtigen. Krystallogenetische Versuche mit Fettsäuren gelingen überhaupt nicht so leicht als die mit Phosphor oder mit Schwefel, man muss eine ziemliche Anzahl von Präparaten anfertigen, um ein gutes darunter zu finden. Zum Glück ist die Herstellung von Fettsäurepräparaten eine sehr leichte Operation, man hat nur nöthig, auf dem gelinde erwärmten Objectträger einige Milligramme der Fettsäure in einem Tropfen Benzol zu lösen und die Lösung nach Zusatz von einem

---

[1]) Zirkel, Mikrosk. Beschaffenh. d. Mineral. S. 89, Fig. 38.

Tröpfchen Aceton der freiwilligen Verdunstung zu überlassen. Hat man es nicht darauf abgesehen Globulitenketten in dem Moment zu beobachten, wo sie zu krystallinischen Fäden werden, so kann man in einer halben Stunde mehr als ein Dutzend Präparate fertig machen und dieselben ohne Schaden Tage lang liegen lassen, was bei unverkitteten Schwefel- und Phosphorpräparaten wegen der Contraction der Balsamlösungen nicht rathsam ist, weil dadurch die Krystalliten leicht verzerrt und zerbrochen werden.[1])

In Vogelsangs mehrfach citirter Arbeit wird angegeben, dass Globuliten von Schwefel und aus ihnen zusammengesetzte Krystalliten sich in Krystalle und Krystallaggregate umwandeln können, ferner, dass die Umwandlung bei Berührung mit einem fertigen Krystall sofort mit grosser Schnelligkeit vor sich geht; sobald ein Globulit an einem Krystall sich ansetzt, wird er eckig und doppelbrechend. An Schwefelpräparaten kann die Krystallisation von Globuliten leicht beobachtet werden, es ververwandeln sich viele Schwefelglobuliten und ganze Rosetten kurz nach ihrer Entstehung in Octaëder, die mit den Ecken verwachsen; in Phosphorpräparaten kann man die Krystallisation willkürlich herbeiführen, und zwar dadurch, dass man den Globuliten einige Zeit Gelegenheit zur Bewegung gewährt. Man lege auf ein frei eingetrocknetes mit Balsamzusatz angefertigtes Phosphorpräparat, das Globuliten und Krystalliten enthält, ein Deckglas und lasse unter den Rand des Deckglases einen grossen Tropfen derselben Phosphorlösung treten, aus

[1]) Präparate von Phosphor, und wahrscheinlich auch von Schwefel lassen sich mehrere Monate lang aufbewahren, wenn man sie nach Art der photographischen Negativbilder gefirnisst hat. Man lasse das Präparat durch freiwillige Verdunstung so fest werden, dass es nur noch wenig klebt und übergiesse es mit einer ziemlich starken Lösung von weissem Schellack in absolutem Alkohol. Die Oberfläche des Präparats wird dadurch so fest, dass sie vorsichtiges Abwischen gut verträgt.

welcher das Präparat dargestellt worden war, so wird man alsbald Bewegung und Krystallisation eintreten sehen, die in demselben Maasse fortschreitet, wie das Vordringen der schwefelkohlenstoffhaltigen Flüssigkeit, die, weil sie mit Phosphor gesättigt ist, den Canadabalsam erweichen, aber nicht die Globuliten lösen kann. Wenn man den Versuch auf dem Objecttischchen des Mikroskops ausführt, so kann man bei einiger Uebung das Vordringen der Phosphorlösung verfolgen, und sehen wie am Rande derselben die Globuliten überall mit grosser Schnelligkeit zu schönen Dodekaëdern werden. Nimmt man das Deckglas ab und fügt schnell noch einen Tropfen Phosphorlösung hinzu, so beginnt zwischen den Phosphorkrystallen aufs Neue die Bildung von Phosphorglobuliten, von denen viele bei der Berührung mit den Krystallen in krystallinischen Zustand übergehen, andere sich ihnen anschliessen, ohne dabei zu krystallisiren. Es liegt darin eine Abweichung von dem Verhalten der Schwefelglobuliten Schwefelkrystallen gegenüber, in Betreff dessen ich Vogelsangs Angaben nur bestätigen kann. Das abweichende Verhalten des Phosphors steht wohl mit der Leichtigkeit in Zusammenhang, womit er Globuliten bildet. Wenn aus Phosphorlösungen Globuliten erhalten werden können, unter Umständen, wo Schwefel nur Krystalle giebt, so ist wohl anzunehmen, dass die Phosphorglobuliten eines stärkeren Anstosses zur Krystallisation bedürfen, als die des Schwefels.

Ob die Globuliten fest oder flüssig sind, ob sie die krystallisirbare Substanz in reinem Zustande darstellen oder ein gewisses Quantum des Lösungs- und Verdickungsmittels enthalten, für Tröpfchen einer übersättigten Lösung zu halten sind, das sind Fragen, um deren endgültige Entscheidung ich mich vergeblich bemüht habe. Vogelsang hält seine Schwefelglobuliten für flüssige Massen reinen Schwefels, und es lassen sich zur Unterstützung dieser Meinung die Beobachtungen von Frankenheim

anführen, der mikroskopische Tröpfchen geschmolzenen reinen Schwefels mehrere Tage lang den flüssigen Zustand beibehalten sah. An Phosphorpräparaten habe ich mich selbst in folgender Weise von der Möglichkeit überzeugt, dass Globuliten aus dieser Substanz mehrere Tage lang in flüssigem Zustande verharren können. Es wurden mehrere Präparate aus einer Lösung hergestellt, die neben Schwefelkohlenstoff und überschüssigem Phosphor etwa 10 Volumprocente harten Canadabalsam und halb so viel Terpentinöl enthielt. Nachdem ich mich durch eine flüchtige mikroskopische Untersuchung überzeugt hatte, dass Globuliten und Rosetten in genügender Zahl vorhanden wären, wurden die Präparate unter einer Glasglocke bei Seite gelegt. Die Prüfung auf den Aggregatzustand der Krystalliten, welche an einem dieser Präparate nach 2 Stunden, an einem zweiten nach 10, an dem dritten nach 24 Stunden, an dem vierten nach 3 Tagen vorgenommen wurde, gründet sich auf die Eigenschaft des mit Terpentinöl versetzten Canadabalsams, Tage lang zäh und klebrig zu bleiben, wenn er einigermassen vor Luftwechsel bewahrt ist. Die Präparate wurden auf dem Objecttisch des Mikroskops festgeklemmt, und dadurch Fluctuationsstructur in ihnen hervorgebracht, dass ein recht grosses starkes Deckglas aufgelegt und unter gelindem Druck um 0.5 Mm. verschoben wurde. Bei Vergleichung mit einem intacten Präparat stellte sich heraus, dass die Verschiebung des Deckglases allemal Formveränderungen an den Krystalliten zur Folge gehabt hatte, die flüssigen Aggregatzustand bei denselben voraussetzen: grössere Globuliten waren in der Richtung des auf sie einwirkenden Zuges gestreckt, senkrecht darauf stehende Reihen von Globuliten waren theils zerrissen, theils gebogen, endlich waren Ketten, die in der Richtung des Zuges lagen, zum Theile ebenfalls zerrissen, zum Theil aber auch gestreckt. Die Streckung verliert sich allmählig wieder, abermals ein vollgültiges Zeugniss für den flüssigen Zustand der Glo-

buliten. Ich habe dieselben Versuche an Schwefelpräparaten gemacht, und bin überzeugt, dass auch Schwefelglobuliten mehrere Tage lang flüssig bleiben können. Die Versuche gelingen mit Schwefel weniger gut, als mit Phosphor, weil Schwefelpräparate stets eine grosse Zahl von Krystallen einschliessen, die während des Versuchs zersplittert werden. Gewöhnlich bleiben nur wenige Globuliten von der Berührung mit Krystallsplittern verschont und nur diese können zu entscheidenden Beobachtungen dienen, da alle die welche mit einem Krystallfragment zusammentrafen, in Kryställchen umgewandelt sind, bei denen man über die Ursache etwaiger Streckung im Ungewissen bleibt. Ob die Globuliten in Entglasungsprodukten früher oder später erstarrt sind, als die Glasmasse, in der sie liegen, bleibt unentschieden. Die Krümmung der Farnkrautwedel im Tachylyt und in der Sayner Eisenschlacke ist an benachbarten Exemplaren verschieden gerichtet, sie kann aus diesem Grunde nicht für eine Fluctuationserscheinung gelten, sonst würde ihr Vorhandensein, bei gleichzeitiger Abwesenheit von Streckungserscheinungen an den Globuliten, zu der Annahme berechtigen: die Globuliten seien früher fest geworden als die Grundmasse. Jedenfalls sind sie, abweichend von den Globuliten des Schwefels und des Phosphors, fest geworden, ohne dabei ihre amorphe (einfach brechende) Beschaffenheit einzubüssen; Präparate der Sayner Eisenschlacke bewirken zwar im dunklen Felde des polarisirenden Mikroskops an vielen Stellen schwache Aufhellung, dieselbe geht aber nicht von den Krystalliten, sondern von ihrer nächsten Umgebung aus, sie ist bedingt durch Spannungsdifferenzen in der Glasmasse, welche in hyalinen Substanzen um eingeschlossene Fremdkörper gewöhnlich auftreten [1])

---

[1]) H. Behrens, Mikrosk. Unters. üb. d. Opale, Abh. d. Wien. Akad. Dec. 1871 S. 28.

In Präparaten von Schwefel und Phosphor kann das Wachsthum der Krystalliten in weniger als einer Minute beendigt sein, weiterhin (S. 58) sollen Versuche mit Pikrinsäure beschrieben werden, bei denen das Wachsthum körniger Krystalliten sich über einen Zeitraum von mehreren Wochen ausdehnte, und noch nicht über die ersten Anfänge hinausgekommen war, als die körnige Masse schon schwache Doppelbrechung zeigte, woraus zu folgern ist, dass hier krystallinisch gewordene Körnchen sich zu Krystalliten ordneten. Für die Globuliten des Schwefels und Phosphors ist es ausgemacht, dass sie zur Zeit ihres Zusammentretens zu Krystalliten, und oft noch lange nachher flüssig sind, wir haben also, so sonderbar das klingt, wahren Flüssigkeitströpfchen polare Attraction zuzuschreiben, ungeachtet sie nicht doppelt brechend sind. Vogelsang stellt diese Behauptung auf, ohne weitere Betrachtungen daran zu knüpfen, ich bin durch Speculationen, die mit der Annahme polarer Attraction zwischen den kleinsten Theilen von Krystalliten in engstem Zusammenhange stehen, so oft auf die polare Attraction der Globuliten zurückgeführt worden, dass ich mich nicht länger durch Vogelsangs Autorität beruhigen konnte, und überall nach Krystalliten suchte, bei deren Entstehung nur amorphe Substanzen betheiligt wären. Ich wurde in diesem Suchen bestärkt durch die Aufindung haarähnlicher mikroskopischer Gebilde aus amorpher Kohle, die der Form nach Vieles mit den Trichiten krystallisirbarer Substanzen gemein hatten[1]). Versuche mit frei beweglichen Flüssigkeitströpfchen gaben negative Resultate. Man kann frei bewegliche unkrystallisirbare Tröpfchen aus einer Auflösung von fetten Oelen in einem Gemisch von Aether und wasserhaltigem Alkohol erhalten. Die Oelkügelchen, welche sich ausscheiden, während der

[1]) Eine Beschreibung derselben, sowie einiger anderen bemerkenswerthen mikroskopischen Aggregate amorpher Substanzen soll demnächst veröffentlicht werden.

Aether sich verflüchtigt, bleiben lange suspendirt, wenn die Verdunstung des Alkohols durch ein Deckglas verlangsamt wird, welches man durch Glasfäden, oder ein aus Drath gebogenes Viereck so unterstützt, dass es die Flüssigkeit nicht berührt. Hin und wieder findet Gruppenbildung unter den Oeltröpfchen Statt, sie fliessen zusammen oder sie bilden kugelige Häufchen, aber niemals krystallitenähnliche Rosetten. Ein bequemer zu beschaffendes Beobachtungsobject ist ein mit Wasser verdünntes Tröpfchen Milch, das man in der eben vorgeschriebenen Weise vor Verdunstung schützt. Seine Fetttröpfchen haben keine Neigung zusammenzufliessen, sie bleiben zum grösseren Theil Stunden lang isolirt, und sind in fortwährender zitternder Bewegung, sogenannter Molecularbewegung, begriffen; was sich nach längerer Zeit von Gruppen vorfindet, hat unregelmässige oder annähernd sphärische, niemals krystallitenähnliche Form.

Mehr Aufmerksamkeit schienen gewisse rosetten- und dendritenähnliche Figuren zu verdienen, welche in Gemischen fester und flüssiger Substanzen entstehen können und gerade den mikroskopirenden Mineralogen recht oft zu Gesicht kommen. Jeder, der sich mit Anfertigung von mikroskopischen Gesteinspräparaten beschäftigt hat, wird die zierlicken Dendriten und Rosetten kennen, welche sich auf der zum Feinschleifen dienenden Glasplatte in dem Schlamm von feinem Smirgelpulver und Wasser bilden, wenn das nahezu fertige, stark adhärirende Präparat von derselben abgehoben wird. Ihre Verzweigungen sind oft so fein, dass sie zum Theil nur mit Hülfe der Lupe deutlich gesehen werden. Die Ursache ihrer Entstehung ist nicht gegenseitige Attraction der festen Körnchen, sondern eine Bewegung der Flüssigkeit. Es entstehen keine Dendriten, wenn man das gleichförmig vertheilte Gemenge, vor dem Austrocknen geschützt, auf horizontal gestellter Glasplatte sich selbst überlässt, sie entstehen aber sofort, wenn man einen Wassertropfen,

besser noch einen Tropfen desselben Schlammes, der die Platte bedeckt, hineinfallen lässt, ebenso, wenn man mittelst eines eng ausgezogenen Röhrchens einen kräftigen Luftstrom darauf bläst, oder damit dicht über der nassen Fläche stark Luft ansaugt. Letzteren Fall haben wir vor uns, wenn das Glasplättchen des Präparats von der Schleifplatte abgerissen wird: es wird alsdann Flüssigkeit in den sich erweiternden capillaren Raum zwischen ihm und der Schleifplatte hineingesaugt, die Flüssigkeitsströmchen verzweigen sich zwischen den weniger beweglichen Körnchen und zwingen dieselben zu reihenweiser Anordnung. Aehnliche Erscheinungen lassen sich hervorbringen, wenn man zwei Flüssigkeiten, die eine unlösliche Verbindung ausscheiden, in der Weise mit einander mischt, dass man Tropfen der einen in eine dünne Schicht der andern Flüssigkeit fallen lässt, doch kommt hierbei noch die Diffusion als bewegendes Moment ins Spiel. Den ersten Anlass zur Verzweigung giebt wahrscheinlich eine Wellenbewegung in dem aufstossenden Tropfen, wodurch er einen gezackten Umriss erhält; man sieht das ganz gut an Tropfen von Ammoniak, die in eine dünne Schicht von Carminlösung fallen, und an in's Wasser fallenden Bluttropfen, ebenso ist es bekannt, dass Flüssigkeitsstrahlen beim Stosse gegen eine feste Wand in Gestalt einer gezackten Scheibe auseinanderfahren. Ein am Rande des Tropfens entstehender Niederschlag muss auch die Form einer scharf gezackten Wellenlinie haben, er zerreist am leichtesten an den Stellen stärkster Ausbuchtung, und öffnet eben so viele Canäle, die durch fortdauernde Bildung von Niederschlag zu beiden Seiten der Strömchen sich auf beträchtliche Entfernung verlängern können. Die Zahl der so entstehenden Hauptstrahlen ist natürlich eine unbestimmte, ich habe von drei bis fünfzehn an Rosetten gesehen, die sich auf einer Schleifplatte gebildet hatten, darnach müssten, wenn Strömungen bei der Entstehung

von Krystalliten thätig wären, ausser den beschriebenen und abgebildeten vierstrahligen Krystalliten von Schwefel, von Phosphor und Selenphosphor, fünf- und sechsstrahlige vorkommen, und von Selenschwefel müssten sich ausser den sechsstrahligen fünfstrahlige und siebenstrahlige Rosetten herstellen lassen, was doch in vielen Versuchen niemals vorgekommen ist,

Ob die Globuliten Tröpfchen einer übersättigten Lösung sind, oder ob sie die reine krystallisirbare Substanz in flüssigem Zustande, vergleichbar dem welchen Deville als »Zustand der Ueberschmelzung« benannt hat enthalten, dürfte vor der Hand schwer zu entscheiden sein. Ihre Tendenz zu krystalloider Anordnung giebt keinen Anhaltspunkt für die Entscheidung dieser Frage, denn wenn wir direct keine krystallinische Polarität an Lösungen nachweisen können, so sind uns dafür von vielen Lösungen optische Eigenschaften bekannt, die sonst nur an krystallisirten Substanzen vorkommen (Circularpolaritation der Lösungen von Kohlenhydraten und von vielen anderen organischen Substanzen) und eine polare Anordnung der Molecüle voraussetzen. Vom Schwefel, vom Phosphor, den Fettsäuren, allenfalls auch von Selen und von der alsbald ausführlich zu besprechenden Pikrinsäure könnte man sich vorstellen, dass bei der in erhöhter Temperatur vorgenommenen Auflösung eine Ueberschmelzung derselben eingetreten sei, und dass sie nunmehr nicht im normalen Zustande, sondern im Zustande der Ueberschmelzung abgeschieden würden, es ist indessen nicht allemal für die Bildung von Globuliten nöthig, dass die Auflösung der krystallisirbaren Substanz in hoher Temperatur vorgenommen werde. Phosphor löst sich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, die weit unter seinem Schmelzpunkt liegt, in genügender Quantität in Schwefelkohlenstoff, um bei ungehinderter Verdunstung der Lösung auf dem Objectträger gute Krystalliten zu geben, Schwefel in Schwefelkohlenstoff thut dies bei

passendem Zusatz von Canadabalsam ebenfalls, wenn auch nicht so sicher, wie Phosphor, und Lösungen von Chrysamminsäure in Aceton, bei gewöhnlicher Temperatur hergestellt, geben, ohne Zusatz, allemal nur Globuliten. Es will mir scheinen, als ob mehrere Ursachen zusammenwirken können, um krystallisirbare Substanzen in die Form von Globuliten zu bringen, Ursachen, die ihren Sitz in der krystallisirbaren Substanz selbst haben und solche, die von seiner Umgebung, von dem Verdickungsmittel, der Flüssigkeit in welcher beide gelöst sind, von der Unterlage, auf welcher die Verdunstung vorgeht u. a. m. hinzugebracht werden. Wir haben zwei Eigenschaften als besonders charakteristisch für ächte Globuliten kennen gelernt: die durch (vorübergehenden) flüssigen Agregatzustand bedingte Tropfenform und die Neigung zu krystalloïder Gruppirung nach Axen die sich unter constanten Winkeln schneiden, ein paar Eigenschaften die nur unter besonderen Verhältnissen gleichzeitig an demselben Körper vorkommen können, weil die eine, vorwiegend ausgebildet, die andere ausschliessen würde.

Je weniger weit der Schmelzpunkt einer krystallisirbaren Substanz von der Temperatur entfernt ist, bei welcher wir mit ihr experimentiren, um so leichter wird es sein sie auf der Grenze festzuhalten, wo sie an den Eigenschaften beider Aggregatzustände theilnimmt. So dürfte es sich erklären, dass aus Phosphor am leichtesten Globuliten darzustellen sind, weniger leicht aus Schwefel, und noch weniger leicht aus Selen. Der Phosphor liefert Globuliten und sogar schöne Krystallitengruppen ohne Zusatz von Verdickungsmitteln, welche das Zusammenfliessen der Globuliten hindern, und ihrem Bestreben zu krystallisiren entgegenwirken könnten. Der Rauch von phosphoriger Säure, welcher von frischen balsamfreien Phosphorpräparaten aufsteigt, und nach kurzer Zeit merklich schwächer wird, hat mich auf den Gedanken gebracht, dass die leicht oxydirbaren

Phosphorkügelchen sich, bevor noch die letzten Reste des Schwefelkohlenstoffs verdunstet sind, mit einer dünnen Schicht des stark hygroskopischen Oxydationsprodukts überziehen, welche in derselben Weise das Zusammenfliessen derselben hindert, wie es dünne Staub- oder Wasserschichten um Quecksilberkügelchen und dünne Hüllen schleimiger Flüssigkeiten um Fetttröpfchen um so leichter thun, je kleiner die Kügelchen sind. Zugleich hindert die nicht krystallisirbare Hülle die Krystallisation ihres Inhalts um so mehr, je stärker ihre Krümmung, d. h. je kleiner das von ihr eingeschlossene Phosphortröpfchen ist: sie ist unabänderlich bestrebt, die Kugelform anzunehmen, und muss in Folge davon einer etwaigen Neigung des Phosphortröpfchens zur Entwickelung von Krystallecken und Kanten hinderlich werden. Durch Frankenheim wissen wir, dass mikroskopische Tröpfchen von reinem Schwefel lange Zeit bei gewöhnlicher Temperatur flüssig bleiben und von Wassertropfen ist es bekannt, dass sie um so weiter abgekühlt werden können ohne zu gefrieren, je kleiner sie sind, recht kleine frei schwebende Tröpfchen bis —20° C. Vergleichen wir das Verhalten von Quecksilber und von Oelen in Emulsionen, so stellt sich heraus, dass für Körper von geringerer Cohäsion der einhüllenden Flüssigkeit ein Verdickungsmittel zugesetzt werden muss, wenn das Zusammenfliessen der Tröpfchen vermieden werden soll, zugleich erschweren wir durch die Verdickung die Formveränderung, welche die Krystallisation der Tröpfchen begleiten würde. Nach Versuchen von H. Kopp haben die Substanzen, welche wir als besonders zur Darstellung von Globuliten tauglich kennen gelernt haben, die Eigenschaft, sich im Momente des Schmelzens plötzlich um ein Beträchtliches — Phosphor um 4 pCt., Schwefel um 6 pCt. des Volumens bei 0° auszudehnen. Die Grenze zwischen dem festen und flüssigen Aggregatzustand ist hiernach bei diesen Substanzen besonders breit, sie können eine beträchtliche

Verminderung des Volumens erleiden, ohne fest zu werden und Verdickungsmittel werden auch von dieser Seite, durch Fixirung des Volumens der Krystallisation von Tröpfchen derselben hemmend entgegentreten. Die Tröpfchen müssten sich, um krystallisiren zu können, zuvor von den Wandungen der Hohlräume, in welchen sie eingeschlossen sind trennen, oder dieselben nach sich ziehen; ob sie dazu im Stande sind hängt von ihrer Grösse und ferner noch davon ab, wie weit ihre Temperatur unter ihrem Schmelzpunkt liegt. Da es gar wohl denkbar ist, dass der Schmelzpunkt krystallisirbarer Substanzen durch kleine Mengen von Lösungsmitteln um viele Grade herabgedrückt werden könnte, wünschte ich zu erfahren, ob ein Rückhalt an Lösungsmittel die Bildung von Globuliten aus einer schwer schmelzbaren Substanz erleichtert. Ich wählte zu den bezüglichen Versuchen die Chrysamminsäure, von der ich wusste, dass sie nicht mit allen Lösungsmitteln Globuliten liefert, und dass sie in Lösung sich gegen Ammoniakgas anders verhält, als in fester Form. Lösungen von Chrysamminsäure in Schwefelkohlenstoff lassen bei der Verdunstung die feste Säure in Gestalt gelber quadratischer Täfelchen auskrystallisiren, die Tage lang unverändert bleiben, während der geringe Gehalt an Ammoniak, welchen der Rauch einer Cigarre der Luft des Zimmers mittheilt, genügt, um eine daneben auf dem Objectträger ausgebreitete Lösung der Säure in Isobutylalkohol binnen kurzer Zeit intensiv roth zu färben. Lösungen von Chrysamminsäure in Isobutylalkohol, besser noch in Benzol, geben, auf dem Objectträger verdunstend, eine reichliche Menge grosser Globuliten und vereinzelte vierstrahlige Rosetten, die ziemlich lange amorph bleiben. Ein solches Präparat behält nur kurze Zeit die gelbe Farbe, welche frisch bereiteten Lösungen der Chrysamminsäure eigen ist, es röthet sich von der Mitte aus, und nach einigen Stunden zeigt es nur noch einen schmalen gelben Rand,

der unverändert bleibt. Den gelben Rand kann man von grösserer Breite erhalten, wenn man die Verdunstung des Lösungsmittels durch gelindes Erwärmen des Objectträgers beschleunigt, seine Globuliten krystallisiren viel früher und vollständiger, als die der Mitte näher liegenden und aus Flüssigkeiten, die sehr schnell verdunsten und geringes Lösungsvermögen für Chrysamminsäure haben (mit geringer Kraft von derselben festgehalten werden) scheiden sich nur gelbe Krystalle und Krystallaggregate ab. Die Globuliten dieser Substanz sind hiernach wirklich Tröpfchen einer in hohem Grade übersättigten Lösung, die an den Rändern des Präparats zuerst zur Krystallisation kommen, weil hier die beste Gelegenheit zur Verdunstung der Reste des Lösungsmittels, welche das Festwerden verzögern, gegeben ist. Der Einwand, dass amorphe Körper durchschnittlich verändernden Agentien leichter zugänglich sind, als krystallisirte[1]) macht wenig aus, es bleibt wenn er auf den vorliegenden Fall Anwendung finden sollte, zu bedenken, dass die Krystallisa-

---

[1]) Phosphorpräparate zeigen gegen Lichteinwirkung ein merkwürdiges Verhalten, das mit der oben angeführten Regel in Widerspruch steht und ausserdem moleculare Veränderungen in den Globuliten bei ihrer Vereinigung zu Rosetten anzudeuten scheint. Bekanntlich geht die weisslich- gelbe Farbe frischer Schnittstellen an Phosphorstangen, wenn dieselben längere Zeit dem Lichte ausgesetzt werden, in Gelb, später in Roth über; diese Veränderung tritt an Phosphorpräparaten, die mit reichlichem Zusatz von Balsam hergestellt, in denen also die Globuliten vor dem Sauerstoff der Luft geschützt sind, nicht gleichförmig auf. Wenn sie einige Tage an einem hellen Orte gelegen haben, sind die grössten unter den isolirten Globuliten und vor Allem die zu Rosetten verbundenen gelb geworden, während alle kleineren isolirten Globuliten, oft von grösserem Durchmesser als ihre in Rosetten steckenden gelben Nachbarn, farblos geblieben sind. Es lässt sich diese Eigenschaft der Phosphorglobuliten bequem anwenden, um zu constatiren, dass nach mehreren Tagen noch langsame Wanderungen unter denselben stattfinden.

tion am Rande des Präparats beginnt, und mit zunehmender Verdunstung um sich greift.

Die Krystallisation von Globuliten kann sich in verschiedener Weise vollziehen. Globuliten von Schwefel liefern einzelne Kryställchen, dasselbe thun die Globuliten in Phosphorpräparaten, welche man nach S. 22 mit Phosphorlösung behandelt, und diejenigen, welche in einem Tropfen Phosphorlösung entstehen, dessen Verdunstung man durch Auflegung eines Deckglases in dem Augenblick, wo er anfängt, sich zu trüben, verlangsamt hat. Der Schwefelkohlenstoff kann dann nur am Rande des Deckglases verdunsten, was für einen Tropfen balsamhaltiger Lösung so viel Zeit in Anspruch nimmt, dass man die Entstehung und das weitere Verhalten der Globuliten länger als eine Stunde beobachten kann. Sie entstehen an den Rändern des Präparats als glänzende Kügelchen von 1 bis 2 Mikromillim. Durchmesser und schiessen reihenweise gegen die Mitte, wobei die Schnelligkeit ihrer Bewegung rasch abnimmt. Die Anordnung in geradlinigen convergirenden Reihen ist bedingt durch eine Art von Canalisation der sich verdickenden Balsamlösung in der eine doppelte Strömung existirt, eine schwefelkohlenstoffreiche von der Mitte ausgehende und eine mehr Phosphor enthaltende, die von den Rändern entspringt. Sie fliessen am Rande übereinander, in einiger Entfernung vom Rande nebeneinander und heben sich in der Mitte des Präparats gegenseitig auf. Oft sieht man, wie ein Globulit an der Grenze beider Ströme gezwungen wird, seine geradlinige Bewegung mit einer rapiden Wirbelbewegung zu vertauschen. Inzwischen vergrössert sich ein Theil der Globuliten auf Kosten der nächstliegenden, die in dieselbe Strombahn hineinfahrend, mit ihnen zusammenstossen und verfliessen; diese Art des Wachsthums ist die einzige, welche ich mit Sicherheit beobachtet habe. Das häufige Vorkommen von langen elliptischen und stabförmigen Globuliten — Longuliten nach Vogel-

sang — an den Spitzen der Rosetten in Phosphorpräparate, liess mich vermuthen, das an den Enden von Globulitenketten continuirliches Wachsthum zu finden sein werde, ist dies wirklich der Fall, so kann es nur sehr kurze Zeit andauern, denn es ist mir nicht möglich gewesen, durch vergleichende Messungen an Globuliten und Globulitenketten, die zur Ruhe gekommen waren, eine Zunahme des Durchmesser und der Länge nachzuweisen. Die Fähigkeit, der umgebenden, gesättigten Lösung krystallisirbare Substanz zu entziehen, muss bei ihnen in viel geringerem Maasse vorhanden sein, als bei Krystallen, was vielleicht mit ihrer sphärischen Form zusammenhängt, wenigstens lassen viele Beobachtungen über das Wachsthum von Krystallen annehmen, dass bei diesen das Heranziehen des Materials zu ihrer Vergrösserung vornehmlich von den Ecken und Kanten ausgeht. Besonders auffallend tritt der Unterschied in dem Wachsthumsbestreben hervor, wenn man in einem langsam verdunstenden Tropfen Phosphorlösung gleichzeitig frisch gebildete Kryställchen und ruhende Globuliten im Gesichtsfelde hat. Man bekommt dabei ganz und gar den Eindruck, dass die Globuliten sich nur durch Incorporation von ihresgleichen zu vergrössern im Stande sind; jeder Globulit, der sich in ein Dodekaëder umwandelt erwacht zu neuem Leben, er wächst schnell bis zum Doppelten und Dreifachen seiner Grösse, indess seine sphärisch gebliebenen Nachbarn gleichsam im Winterschlaf liegen. Globuliten von Pikrinsäure und von Chrysamminsäure erstarren selten zu einzelnen Krystallen, sie pflegen sich mit Erhaltung der sphärischen Form in Aggregate kleinster Kryställchen zu verwandeln. Sublimirt man Pikrinsäure zwischen zwei durch Glasfäden oder einen Drathring von 1 Millim. Dicke getrennten Objectträgern — man hat bei der zur Verwendung kommenden Menge von 1, höchstens 2 Centigrammen keine Explosion zu fürchten — so bedeckt sich das condensirende Glasplättchen mit

einem Anfluge von Pikrinsäuretröpfchen, die so fest am Glase haften, dass sie nicht im Stande sind, Krystalliten zu bilden. Wenn sie anfangen zu krystallisiren, was bei den grössten nach einigen Minuten, bei den kleinsten nach mehreren Stunden eintritt, wird ihre gelbe Färbung gerade so, wie bei Schwefelglobuliten, intensiver, und in ihnen entstehen dunkel aussehende Körnchen und Nädelchen, die bei weitgehender Krystallisation den ganzen Tropfen trüben, meistens aber auf eine Randzone beschränkt bleiben, in welcher sie einen oder mehrere concentrische Ringe bilden. Ich habe in ein paar Fällen beobachtet, dass der Rest des Tröpfchens zu einem einzigen Krystall, einem kurzem dicken Prisma erstarrte, dabei fand keine Zerreissung der Ringe statt, dieselben dehnten sich vielmehr in solcher Weise, dass sie nach vollendeter Krystallisation den Contouren der Prismen folgten, wie sie vorher den Contouren der Tröpfchen gefolgt waren. Leider habe ich keine Methode finden können, solche Krystalle, deren Bau dem der Mikrolithen führenden Leucite, Nepheline und Augite entspricht, in grösserer Zahl darzustellen. Bei weitem die Mehrzahl der Tröpfchen erstarrt amorph oder fein radial-faserig, mit Beibehaltung des kreisförmigen Umrisses. Uebergiesst man sie mit Benzol, worin krystallisirte Pikrinsäure schwer löslich ist, so bleiben die eben beschriebenen Ringe von Körnchen und Nädelchen zurück. Globuliten, welche aus Lösungen von Pikrinsäure in Benzol und Canadabalsam ausgeschieden sind, scheinen sich durch Ausscheidung winziger Körnchen zu trüben und nach einigen Wochen ganz undurchsichtig zu werden. Chrysaminsäure, mit Zusatz von Canadabalsam und auch ohne denselben in Benzol gelöst, liefert Globuliten, die schnell und gut krystallisiren, indem sie zu radial-faserigen Aggregaten werden. Das Wachsthum der faserig gewordenen Kügelchen ist oftmals ein einseitiges, eine oder einige krystallinische Fäserchen verlängern sich über die Oberfläche der Kugel,

kleine Dendriten aussendend, dabei hängt sich ein Theil des flüssigen Inhalts der Kugel an sie an, was dem übrigen Theil derselben ein lückenhaftes Aussehen giebt und den Eindruck hervor bringt, als seien die Kügelchen bei der Krystallisation zerrissen, was doch streng genommen, nicht der Fall ist. Die Zwischenräume der grossen Globuliten füllen sich mit feinem Staub, dessen Partikeln kaum 2 Mikrom. Durchmesser erreichen. Am meisten davon bildet sich, wenn man die Verdunstung des Benzols auf einem bis 30^0 erwärmten Objectträger vor sich gehen lässt, er überzieht alsdann das Glas als gleichförmige Trübung, in welcher nur hin und wieder grössere Globuliten einen klaren Hof um sich herum blos gelegt haben. Dieser Zustand währt 1 bis $1^1/_2$ Tage, von da ab findet sich ein rasch zunehmendes Bestreben zu reihenweiser Anordnung unter den Körnchen ein, die gleichförmigen Staubflächen wandeln sich im Laufe eines Tages zu Feldern von Arabesken um, ähnlich denen die in Schwefelpräparaten nach einiger Zeit entstehen (Fig. 4). Der Staub von Chrysamminsäure zeigt zwischen gekreuzten Nicols mit eingeschalteter Gipsplatte Doppelbrechung, bevor es zur Bildung von Reihen gekommen ist, und starke Vergrösserung lässt erkennen, dass in den Reihen die Körner lose neben einander liegen. Man muss hiernach annehmen, dass sie zur Zeit ihrer Aggregation bereits in den krystallinischen Zustand übergegangen waren. Nimmt man statt des Benzols Isobutylalkohol als Lösungsmittel (Amylalkohol leistet dieselben Dienste, nur ist derselbe seines unangenehmen, betäubenden Geruchs halber weniger zweckmässig), so zertheilt sich zwar die Mitte des auf dem Objectträger ausgebreiteten Tropfens zu Ende der Verdunstung in grössere Globuliten, aber der Rand bleibt fast frei davon, hier scheidet sich in lebhafter Bewegung befindlicher feiner Staub aus, dessen Körnchen nach Art von Krystallen schnell wachsen und sich dabei, während sie zur Ruhe kommen, zu hüb-

schen Dendriten gruppiren. Auf S. 21 ist einiges über das Wachsthum von staubförmigen Alizarin angegeben, die Theilchen desselben wachsen, wenn ihnen hinreichendes Material dazu geboten wird, zu lebhaft doppeltbrechenden Körnern und Nädelchen aus, die Verhältnisse unter denen dies stattfindet sind indess nicht der Art, dass die krystallinischen Partikeln ihre gegenseitige Anziehung durch Stellungsänderungen kund geben können. Schwach verdickte Lösungen von Alizarin in Isobutylalkohol geben weder Staub noch Globuliten, sondern grössere Körner und Stäbchen (3 bis 5 Mikrom. Durchmesser) die gleich nach ihrer Entstehung Doppelbrechung zeigen. Sie können eben solche Dendriten bilden, wie die Körnchen in Lösungen von Chrysamminsäure und ausserdem noch trichitische Fäden, die in Alizarinpräparaten dieser Art sowohl in der Nachbarschaft von Körnchen und körnigen Dendriten als auch in körnerfreier klarer Masse gefunden werden (Fig. 19, 20).

Diese Beobachtungen, deren Zahl durch Untersuchung der Krystallisation von Pikrinsäurelösungen sehr vermehrt wird, führen zu dem Schluss, dass es zwei Arten von Krystalliten, und wahrscheinlich auch zwei Wege zur Krystallbildung gebe. Die Bildung von Krystallen durch continuirliches Wachsthum ist längst bekannt, sie kommt am häufigsten vor und ist vielfach ohne Erfolg auf ihre Anfangsstadien untersucht, während die discontinuirliche Bildung von Krystallen erst durch die mikroskopische Untersuchung der Gesteine und Vogelsangs schöne Versuche mit Schwefellösungen zum Gegenstande wissenschaftlicher Forschung wurde. Dass die mikroskopischen Untersuchungen über die Anfänge continuirlicher Krystallbildung in reinen Lösungen von Salzen keinen nennenswerthen Erfolg gehabt haben, wird durch die Annahme, dass man es mit directer, durch keinerlei Zwischenstadien vermittelten Anlagerung der Molecüle zu thun hat, die ausserdem in den meisten Fällen mit rapider Schnellig-

keit fortschreitet und in der leicht beweglichen Flüssigkeit keine Spuren hinterlässt, einfach genug erklärt. Die Annahme, zu welcher Vogelsang geneigt scheint, dass wenigstens die erste Anlage eines jeden Krystalls durch einen Globuliten gegeben werde, will mir allzu gewagt vorkommen. Ich habe mir viele Krystallisationen wässeriger und alkoholischer Lösungen, u. a. von Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorammonium, Salpeter, Kupfervitriol, Bleizucker, Cyanquecksilcer, Morphin, Strychnin, Brucin, Chinin, Cinchonin, unter starken Vergrösserungen darauf angesehen, und bei gespanntester Aufmerksamkeit niemals Globuliten darin finden können. Die ersten Ausscheidungsprodukte sind in allen diesen Lösungen winzige gut ausgebildete Kryställchen, die mit ausserordentlicher Schnelligkeit wachsen. Es ist indessen nicht die Schnelligkeit des Wachsthums der Krystalle, welche es unmöglich macht, Globuliten zu sehen, man wird auch dann in den Lösungen der genannten Substanzen keine Globuliten wahrnehmen, wenn man ihre Krystallisation durch Zusatz von Verdickungsmitteln verlangsamt. Vom Alizarin wurde bereits oben angegeben, wie man durch Verdickung seiner Lösung in Phenol oder Anilin die Krystallisation so sehr verlangsamen kann, dass das Wachsthum von krystallinischen Partikeln erst nach vielen Stunden bemerkbar wird, dennoch sieht man keine Globuliten, in Lösungen von Strychnin, die ebenso behandelt werden, dauert die Krystallbildung viele Tage, es entstehen aber nicht einmal discontinuirliche Krystalle, geschweige denn Globuliten. Um die Hypothese, dass die Krystallisation allemal mit dem Auftreten von Globuliten beginne, zu retten, müsste angenommen werden, einmal dass nur die erste Anlage an die Entstehung eines Globuliten geknüpft sei, der sich zu einem Kryställchen umbilde und von nun an continuirlich, durch Anlagerung einzelner Molecüle wachse, sodann aber noch dass zwischen der Entstehung dieser Globuliten und ihrer Umbildung



zu Kryställchen ein unmessbar kleiner Zeitraum liege, weil man sonst dieselben doch einmal müsste sehen können. In Lösungen von Phosphor und von Schwefel geht die Krystallbildung oft von Globuliten aus, die sich in rasch wachsende Kryställchen verwandeln, allein dieselben Schwefelpräparate, welche zeigen, dass ein makroskopischer Krystall seinen Ursprung aus einem Globuliten nehmen kann, beweisen auch, dass dies nicht allemal der Fall ist, denn man sieht in ihnen Krystalle entstehen, wo keine Globuliten wahrzunehmen sind. Nach den bisher gemachten Erfahrungen ist die Zahl der Körper, die in Gestalt von Globuliten auftreten können, im Vergleich zu der Zahl aller im Lauf dieser Arbeit auf ihre Krystallisation untersuchten Körper recht klein, sie sind sämmtlich schmelzbar, und denjenigen unter ihnen, welche sich zur Darstellung von Globuliten besonders gut eignen, kommt in hohem Grade die Eigenschaft zu, dass mikroskopische Tröpfchen der geschmolzenen Masse unter ihren Schmelzpunkt abgekühlt werden können, ohne zu erstarren. Wenn man annehmen darf, dass diese Eigenschaft bedingend ist für die Fähigkeit schmelzbarer Substanzen, Globuliten zu bilden, so wird die Auswahl noch mehr beschränkt, und dürfte durch die Möglichkeit, auf welche die Versuche mit Chrysamminsäure hinweisen, dass einige Körper bei passender Wahl des Lösungsmittels zur Globulitenbildung geschickt werden können, die es in geschmolzenem Zustande nicht sind, nicht stark erweitert werden,

Die Produkte beider Arten von Krystallbildung, der continuirlichen oder directen und der indirecten durch vorherige Bildung von Globuliten, krystallinischen Körnern und Nadeln vermittelten, sind im äusseren Ansehen einander so ähnlich, dass man nur mittelst des Mikroskops entscheiden kann, ob ein krystallinisches Gebilde der einen oder der andern Reihe angehört. Je weiter die Aggregation der Partikeln discontinuirlich entstandener Krystalliten oder Krystalle fortgeschritten ist, desto

schwieriger wird es, sie von continuirlich gewachsenen zu unterscheiden, deren Structur durch mancherlei störende Ursachen unregelmässig werden kann. Es giebt wohl kaum ein krystallinisches Gebilde, das nicht auf beiderlei Art zu Stande kommen könnte: wir kennen Wedel und Rosetten aus Globuliten und aus krystallinischen Körnern, denen unter den continuirlich entstandenen Formen dendritische Krystallisationen entsprechen, trichitische Fäden können eben so gut durch Aggregation und Verschmelzung einzeln gebildeter Globuliten oder Körner, als durch Längenwachsthum eines krystallinischen Nädelchens entstehen, ja wir werden solche Fäden kennen lernen, die abwechselnd ein und die andere Bildungsweise zeigen, und so geht es weiter bis zu Krystallen mit vollkommen gut ausgebildeten Flächen und Kanten, von denen wir seit mehreren Jahren durch die mikroskopische Untersuchung von Gesteinsschliffen wissen, dass sie aus Tausenden von Nädelchen und Körnchen zusammengesetzt sein können, die bald parallel gelagert sind (Hornblende in einigen Dioriten z. B. dem von Langenwolmsdorf bei Stolpe vgl. Zirkel, Mikrosk. Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, S. 34. Fig. 4. 6.), bald unordentlich durcheinander geworfen (Hornblendekrystalle in Phonolith des Böhmischen Mittelgebirges, Augitkrystalle in mehreren Basalten). Discontinuität des Wachsthums ist an das Vorhandensein von Agentien gebunden, welche die Beweglichkeit der krystallisirenden Molecüle vermindern, wählen wir stark wirkende Hemmungsmittel und Lösungen, die grosse Neigung zur Krystallbildung haben, so lassen sich Präparate darstellen, in welchem beide Factoren in einem Gleichgewichtszustand sind, der äusserst leicht zu Gunsten eines von beiden gestört werden kann, und wir dürfen hoffen, auf diese Weise Uebergangsformen in solcher Zahl zu bekommen, dass sich durch Vergleichung derselben Schlüsse auf die Wirkungsart hemmender Medien und auf die Bewegungs-

vorgänge ziehen lassen, welche der Krystallisation vorhergehen und sie begleiten.

Von allen Substanzen mit denen ich Versuche über Krystallbildung in verzögernden Medien gemacht habe, hat sich die Pikrinsäure am besten bewährt. Sie wurde gewählt, weil ihre Löslichkeit sowohl in Wasser, als auch in Alkohol, in Aether, in Chloroform, in Aceton und in mehreren Kohlenwasserstoffen, sowie ihr starkes Bestreben zur Krystallbildung in all' diesen Lösungen, das durch grosse Quantitäten von Verdickungsmitteln nicht aufgehoben wird, dem Experiment einen weiten Spielraum versprach, und weil ihre starke Doppelbrechung und der Unterschied zwischen der Farbe der Krystalle und der Lösung die Auffindung auch der kleinsten krystallinischen Ausscheidungen leicht machen musste. Mit alledem würde wenig geholfen sein, — das Alizarin zum Beispiel besitzt sämmtliche eben genannten Eigenschaften und es ist gleichwohl für krystallogenetische Versuche nicht viel damit zu machen — wenn die Pikrinsäure nicht zugleich durch die Mannigfaltigkeit der rudimentären krystallinischen Gebilde ausgezeichnet wäre, welche sie unter dem Einfluss hemmender Agentien entwickeln kann. Sie wird darin von keiner anderen Substanz, wenn nicht etwa von den krystallisirbaren Silicaten einiger Hohofenschlacken und natürlichen Gläser übertroffen. Zuerst experimentirte ich ohne sonderlichen Erfolg mit Pikrinsäure und einigen pikrinsauren Salzen (pikrinsaurem Kali, pikrinsaurem Ammoniak und pikrinsaurem Baryt) in wässeriger, mit Dextrin, Glycerin und Gelatine in verschiedenen Verhältnissen versetzter Lösung. Man erhält auf diesem Wege mit Leichtigkeit prächtige fein verzweigte dichroitische Dendriten, aber nicht, oder doch erst nach sehr langer Zeit, und wie es scheint, nur unter besonders glücklichen Umständen die uns zunächst beschäftigenden Formen. Mit absolutem Alkohol, mit Aether, Chloroform und Schwefelkohlenstoff, unter Zu-

satz von gebleichtem Schellack, oder Canadabalsam als Verdickungsmittel wurden nur mittelmässige Resultate erzielt, desto bessere aber mit Benzol und Terpentinöl, mit denen ich eine grosse Zahl von Versuchen gemacht habe.

Um die Präparate anzufertigen löse ich in einem Probirröhrchen von 7 Millim. Weite und ca. 7 Centim. Länge einige Centigramme Pikrinsäure in siedendem Benzol[1], füge das dreifache Volum der Pikrinsäure an Canadabalsam hinzu, der sich in der heissen Flüssigkeit leicht vertheilt, bringe mittelst des Glasstabes einen Tropfen der Lösung auf einem gelinde erwärmten Objectträger und lege denselben zum langsamen Abdunsten des Benzols unter eine Pappschachtel oder einen aus steifem Papier geknickten Deckel. Es wird nun in kleinen Portionen Pikrinsäure der Mischung zugesetzt und jedesmal nach erfolgter Auflösung ein oder mehrere Präparate angefertigt und numerirt. Dasselbe Verfahren wende ich bei der Darstellung von Präparaten aus Alizarin nnd anderen, reichlichen Balsamzusatz erfordernden Substanzen an. Die Beschaffenheit der Krystallisationsprodukte, welche sich in den Präparaten bilden, ist von mehreren Umständen abhängig; es sind darunter dieselben vertreten, welche bei der Herstellung von Globulitenpräparaten in Betracht kamen, dazu kommen andere, weil der Krystallisationsprozess lange Zeit fortgeht. Zunächst ist das Verhältniss von Pikrinsäure und Canadabalsam von Bedeutung, sowie die Beschaffenheit des letzteren, sodann das Verhältniss von Canadabalsam und Benzol, ferner die Grösse der verdunstenden Oberfläche und endlich die Dicke des Präparats. Sind Pikrinsäure und Lösungsmittel im Uebermass zugegen, so tritt vorwiegend oder gar ausschliesslich normale Krystallbildung ein, wollte man diesem Uebelstand durch Zu-

---

[1]) Die unverdickte Lösung muss so concentrirt sein, dass ein auf kaltes Glas gebrachter Tropfen sofort Krystalle absetzt.

satz von Balsam begegnen, so würde man meistens nicht zum Ziel kommen, würde bei grossem Ueberschuss des Lösungsmittels so viel Balsam zusetzen müssen, dass nur spät eine unbedeutende Ausscheidung krystallinischer Gebilde erfolgte, es muss in solchen Fällen durch Abdampfen ein Theil des Lösungsmittels entfernt werden. Dabei wird zwar der Procentgehalt an krystallisirbarer Substanz gesteigert, gleichzeitig nimmt aber auch die Zähigkeit der Masse zu, und die ist bei Pikrinsäurepräparaten von überwiegendem Einfluss.

Nimmt man Terpentinöl als Lösungsmittel, so ist es gleichgültig, ob man flüssigen oder hartgekochten Balsam anwendet, wenn man nur von ersterem um das Anderthalbfache mehr zusetzt und stärker abdampft; nicht so gleichgültig ist die Beschaffenheit des Balsams für Präparate, die Benzol als Lösungsmittel enthalten, weil die Pikrinsäure aus Benzol viel früher krystallisirt, als aus Terpenen, es entstehen in benzolhaltigen Präparaten um so vollkommenere Krystallisationsprodukte, je flüssiger der als Verdickungsmittel dienende Balsam war. Genaueres über diesen Punkt soll unten für den speciellen Fall angegeben werden.

Werden die Präparate mit Deckgläsern versehen, so hat dies vor Allem eine ausserordentliche Verkleinerung der verdunstenden Oberfläche zur Folge, die für Präparate, welche viel Benzol enthalten, dieselbe Bedeutung hat, wie für Präparate von Phosphor in Schwefelkohlenstoff; eine Lösung die frei verdunstend eine von krystallinischen Körnchen und Fäden gleichmässig erfüllte Masse wird, liefert mit einem Deckglase versehen einen Wald von scharf ausgebildeten Spiessen, die in paralleler Anordnung vom Rande ausgehend, der Mitte zustreben. Je weniger Benzol zugegen ist, desto mehr schwindet der Unterschied in dem Verhalten frei verdunstender und bedeckter Präparate.

Eine andere Wirkung der Deckgläser ist, dass sie die Dicke der für die Beobachtung brauchbaren Schicht

verringern, nicht allein dadurch, dass bei dem Aufdrücken Balsam unter den Rändern heraustritt, das liesse sich mit gehöriger Sorgfalt fast ganz vermeiden oder vorweg compensiren, sondern vornehmlich durch Hinzufügung eines neuen, nicht zu eliminirenden Hindernisses für die Krystallisation. Glasflächen wirken auf dünne Schichten krystallisirender Lösungen in ähnlicher Weise, wie Verdickungsmittel, und da ihre Einwirkung eine sehr energische sein kann, hat man sich davor zu hüten, dass man nicht die eine Ursache mit der andern verwechselt, oder die combinirte Wirkung von Verdickungsmittel und Attraction des Glases dem ersteren allein zuschreibt, was offenbar leichter möglich ist, wenn die Präparate zwischen zwei Glasflächen eingeschlossen sind, als wenn das Mikroskop auf ihre freie Oberfläche eingestellt werden kann. Ich habe aus diesem Grunde die Anwendung von Deckgläsern möglichst vermieden, ungeachtet sie die Durchsichtigkeit der Präparate erhöhen und besonderen Schutz gegen Staub entbehrlich machen, sie sind eigentlich nur da benutzt worden, wo mit Immersionsobjectiven beobachtet werden musste. Mit Beobachtung dieser Angaben wird es jedem, der mit mikrochemischen Manipulationen einigermassen vertraut ist, leicht werden, die nachstehenden Beobachtungen an Pikrinsäurepräparaten zu verificiren.

Als einfachste Ausscheidungen benzolhaltiger Präparate sind isotrope blasse Kügelchen zu nennen, deren Durchmesser von 3 bis 10 Mikromillim. variirt. Sie sehen den Tröpfchen ähnlich, welche man durch Sublimation von reiner Pikrinsäure zwischen zwei Objectträgern erhält, denn diese sind auch beträchtlich blasser, als die feste Säure und die Zähigkeit der umhüllenden Masse könnte wohl die Tendenz zur Krystallisation und zur Krystallitenbildung so weit unterdrücken, dass nach Monaten noch nichts davon zu bemerken ist; andererseits liegen mir Beobachtungen an einem terpentinölhaltigen Präparat vor, die dergleichen Kügelchen vom 5 bis 6 fachen

Durchmesser als Tröpfchen einer Lösung erkennen lassen. Sie erschienen in dem fraglichen Präparat zwei Stunden nach seiner Darstellung als blasse kreisrunde oder wenig elliptische Flecke auf dunkler braun gefärbtem trüben Grunde; nach einigen Tagen bildeten sich in ihrer Mitte zierliche, vielstrahlige Rosetten von dicht gedrängten feinen Körnchen, die auch isolirt, oder zu kurzen, radial gegen den Rand der Vacuole gestellten Reihen gruppirt vorkamen. Sie schienen durch eine Strömung, welche die über der Vacuole mit besonderer Energie vor sich gehende Verdunstung unterhielt, vom Rande derselben in radialen Reihen der Mitte zugetrieben zu werden. Im Laufe einer Woche trat Schrumpfung dieser Stellen ein und nach drei Wochen hatten sie sich zu schüsselförmigen Vertiefungen umgewandelt, in denen die Rosetten von sternförmig zusammenlaufenden Falten verdeckt wurden. Neben den blassen Kügelchen treten in benzolhaltigen Präparaten, die stark übersättigt sind (solche Präparate müssen mit hartem Canadabalsam angefertigt, und so weit eingedampft werden, dass sie nur wenig am Finger kleben), viel kleinere Körnchen, von 2 Mikrom. Durchmesser und darunter, auf, die dunkler gefärbt sind als der Grund auf dem sie liegen. Wo sie zu dichteren Haufen zusammentreten, haben dieselben sphäroidale Form, wie das bei Aggregaten amorpher Partikeln der Fall zu sein pflegt, dagegen deutet die dunkle Färbung der Körnchen auf krystallinische Ausscheidung, und lässt annehmen, dass sie höchstens einige Minuten lang als Globuliten existirt haben. Nach mehreren Tagen (in einem mir vorliegenden Präparat nach 10 Tagen) fangen einzelne der kleineren Häufchen an, sich zu einem rohen Maschenwerk zu zertheilen, man sieht im Inneren lichte Stellen und der Rand bekommt ein zerfasertes Ansehen; gleichzeitig mit dem Eintreten dieser Veränderung ist das Staubhäufchen doppeltbrechend geworden. Die Ortsveränderung der Körnchen geht langsam und stetig weiter,

bis nach einigen Tagen alle in Reihen geordnet sind, die unter rechten Winkeln zusammenstossen, und das Staubhäufchen sich in eine vierstrahlige, dendritisch gegliederte Rosette verwandelt hat, die auf den ersten Blick einem kleinen Schwefelkrystalliten gleicht, aber bis in die feinsten Zweige doppeltbrechend ist. Bei genauerem Zusehen bemerkt man auch, dass alle Aeste und Zweige zweizeiligen Bau haben, und kann an den Rosetten sowohl als auch in isolirtem Zustande viele Aeste finden, die den Farnkrautwedeln im Tachylyt und der Sayner Schlacke vollkommen entsprechen. Die Körnchen sind, wie Fig. 5. zeigt, in parallelen, zur Längsachse der Wedel senkrechten Reihen angeordnet, die nach der Spitze zu kürzer werden, und durch einen leeren gegen die Basis des Wedels sich erweiternden Raum, gleichsam eine negative Achse halbirt werden. Die grösseren Fiederchen zeigen in verjüngtem Maasstabe denselben Bau nur viel schöner ausgebildet wie die Krystalliten der Sayner Schlacke und der von Sorby dargestellten Schmelzprodukte des Gesteins vom Mount Sorrel. Ich wüsste den grösseren Pikrinsäurewedeln, was die Feinheit der Structur anlangt, nichts an die Seite zu stellen, als die Tannenbäumchen des von Zirkel beschriebenen Pechsteins von Tormore auf der Insel Arran, die übrigens auf anderem Wege, durch seitliche Attraction eines centralen Hornblendemikrolithen entstanden sind. Hie und da verliert ein Wedel gegen die Spitze den axialen Zwischenraum, die Körnerreihen schliessen dicht zusammen und verschmelzen wohl gar zu einem Stachel, eine Erscheinung, die in der Sayner Schlacke häufiger und in grösserem Maasstabe gefunden wird. Die Zahl der Körner in den Querreihen nimmt von der Spitze, wo rechts und links von dem axialen Spalt nur ein oder zwei Körner in jeder Reihe liegen gegen die Basis zuerst langsam, dann immer schneller zu, es giebt indessen auch recht viele lineare Aggregate, deren schwächste aus zwei Längsreihen bestehen, in deren stärksten ich fünf

auf jeder Seite der Achse gezählt habe. In diesen letzteren sind die Querreihen mitunter ungleich stark gegen die Achse geneigt, was seltener auch an den Wedeln vorkommt, hierdurch wird eine alternirende Schrägstellung der Reihen hervorgebracht, und wenn die Verunstaltung weit genug fortschreitet, werden die Bündel von parallelen Körnerreihen zu Zickzacklinien, deren Wendepunkte durch kleine Häufchen von Körnern oder durch ein grösseres, unregelmässig begrenztes, zusammengesetztes Korn ausgezeichnet sind. Um die Zeit, wo die Staubhäufchen anfangen, sich zu Wedeln und Rosetten umzubilden, sind ihre Körnchen ausserordentlich klein, viel kleiner als die Räume, welche sie in den Reihen der Perlschnüre und Wedel zwischen sich lassen, sie wachsen allmählich, zugleich scheinen sie einander näher zu rücken, und in Folge dieser Veränderungen sehen ihre Anfangs höchst feinen Aggregate nach einigen Wochen viel plumper aus. Untersucht man sie jetzt bei 400facher Vergrösserung in polarisirtem Licht, so zeigt sich, dass in der Mitte der grösseren Rosetten und in der Nähe der Spitzen einiger Wedel solide Partien entstanden sind; es hat hier wahrscheinlich eine Verschmelzung der Körner stattgefunden, die an linearen Aggregaten auch ohne Hülfe des Polarisationsapparats mittelst starker Objective nachzuweisen ist. Im polarisirtem Licht erkennt man um diese Zeit ferner noch, dass die Krystallisation und die Krystallitenbildung auch in den dichten, in gewöhnlichem Licht gleichförmig trübe erscheinenden Staubfeldern wirksam gewesen ist; ob sie auch hier bis zu vollständiger Zertheilung der Staubmasse fortschreitet, lässt sich aus den Präparaten, deren ältestes seit zwei Monaten zur Beobachtung gedient hat, zur Zeit noch nicht erkennen.

In benzolhaltigen Präparaten, welche mit weichem Canadabalsam angefertigt, und aus diesem Grunde weniger stark mit Pikrinsäure übersättigt sind, auch der Krystallbildung weniger Widerstand bieten, finden sich grössere

krystallinische Körnchen ein, die einige Minuten lang kugelige Form haben und einige Neigung zur Bildung vierstrahliger Rosetten zeigen, alsbald aber eine unregelmässige knollige Gestalt annehmen und durch Bildung kreuzförmiger Gruppen, in denen ein Korn überwiegend stark wächst, zu dolchähnlichen und zahnähnlichen Körpern werden. In Fig. 6, 7 und 9, ist der Zustand dargestellt, in welchem sich die Körner eines benzolhaltigen Präparats von der Consistenz eines stark fadenziehenden Balsams, nach resp. 2, 15 und 60 Minuten befanden. Mit Isobutylalkohol statt des Benzols entstehen nur Körner, aus deren Vereinigung kleine plumpe Rosetten und Stäbchen hervorgehen, an die sich, wie in Fig. 8 abgebildet, Körner anlegen können, ohne ihre sphärische Form einzubüssen. Wir haben es hier einmal wieder mit Globuliten zu thun, die zwar binnen fünf Minuten krystallinisch werden, dabei sich aber nur wenig von ihrem früheren Zustande entfernen.

Hat man das Mischungsverhältniss von Benzol, weichem Canadabalsam und Pikrinsäure so getroffen, dass keine Krystallspiesse zwischen den eben besprochenen Körnern entstehen, so kommen nach etwa 20 Minuten feine Fäden zum Vorschein, die in einigen Stunden sich zu seltsamen Ranken entwickeln. In Präparaten die so viel Benzol enthalten, dass noch gerade, mit Ecken und Kanten versehene Nadeln auskrystallisiren, kommen die Ranken nicht zur vollen Entwickelung und sind zum Theil mit Nädelchen besetzt, die von ihrer convexen Seite divergiren, wie die Grannen einer Aehre [1]), in weniger flüssigen Mischungen behalten sie viele Stunden lang ungebrochene Contouren und wachsen in den wunderbarsten Windungen zu Trichitgruppen aus, die alles übertreffen, was man in natürlichen und künstlichen Gläsern zu sehen

---

[1]) Ein weniger vollkommenes Gebilde dieser Art aus einem Alizarinpräparat ist in Fig. 20 abgebildet.

bekommt. In dem Präparat, nach welchem die Figuren 11 und 12 gezeichnet sind, hatte die Rankenbildung 2 Stunden nach Anfertigung desselben begonnen, die erste Zeichnung eines der einfachsten Complexe, der als feiner krummstrahliger Stern aufgetaucht war, wurde 2 Stunden später gemacht, sie ist in Fig. 11 wiedergegeben, und zeigt wie einzelne Strahlen der ursprünglich sternförmigen Gruppe vorzugsweise an Länge und Krümmung zugenommen haben, an zwei Stellen in solchem Maasse, dass doppelte und dreifache Schleifen entstanden sind. Nach abermals 2 Stunden wurde dieselbe Gruppe von Fäden zum zweiten Mal in derselben Vergrösserung gezeichnet, Fig. 12, alle Dimensionen haben zugenommen, die Dicke der Fäden am wenigsten, auch sind die Krümmungen, zumal der wachsenden Spitzen, im Allgemeinen stärker, als in Fig. 11, einige Fäden z. B. der obere von links nach rechts wachsende Bogen, haben sich im Gegentheil ein wenig gestreckt. Die Streckung, verbunden mit einem Auseinanderweichen des ganzen Fädencomplexes tritt auf einer vier Stunden später, also 10 Stunden nach Anfertigung des Präparates ausgeführten Zeichnung viel auffälliger hervor, sie ist nicht abgedruckt worden, weil um diese Zeit viele Fäden in Folge übermässiger Dehnung zerbrochen waren, was die Identificirung vieler Partien des Objectes in ihr und in Fig. 12 erschwert und eine weitläufige Beschreibung nöthig gemacht hätte. Das Auseinanderweichen strahlig gebauter Gruppen und die Streckung ihrer krummen Fäden sind Erscheinungen, die der Contraction des Balsams zugeschrieben werden müssen, welche von oben nach unten wirkend eine Bewegung der zähflüssigen Masse von der dickeren Mitte des Präparats gegen seine Peripherie zur Folge hat. Die merkwürdigste Eigenschaft an den krystallinischen Fäden ist ihre Krümmung, sie ist so verbreitet, dass ganz gerade Fäden zu den Seltenheiten gehören, und an vielen Exemplaren in hohem Grade entwickelt. In dem Präparat, nach welchem die

Figuren 11 und 12 gezeichnet sind, fanden sich an complicirteren Gruppen gekrümmte Ranken, die mehr als zwei Umläufe in derselben Ebene gemacht hatten. An schraubenförmig gewundenen Fäden terpentinölhaltiger Präparate kommen noch viel stärkere Krümmungen vor.

Was den Bau der Fäden anlangt, so möchte man aus der vielfach zu constatirenden Abwesenheit von Körnern in ihrer Umgebung und aus ihrer durchaus glatten, cylindrischen oder gegen das jüngste Ende schwach konischen Form schliessen, sie müssten als krystallinische Individuen in derselben Weise aus je einem Körnchen oder Nädelchen herangewachsen sein, wie die aus Staubtheilchen hervorgegangenen Alizarinkörner und Alizarinnadeln, von denen bei Gelegenheit der felsitischen Entglasung die Rede war. Durch Aggregation von frei gebildeten Körnchen können die in Fig. 11 und 12 abgebildeten Fäden nicht entstanden sein, das folgt mit Evidenz aus der Abwesenheit von Körnchen in ihrer Umgebung während der ganzen Dauer ihres Wachsthums; andererseits liess sich für viele Fäden derselben Art, welche einem anderen, aus derselben Mischung angefertigten Präparat angehörten, constatiren, dass sie nicht als krystallinische Individuen gelten können. Das fragliche Präparat hatte, mit einem Pappschächtelchen zugedeckt, drei Tage gelegen, als es untersucht wurde, dabei zeigte sich, dass einige Fäden zerbrochen waren, und in Nähe der Bruchstelle war eine perlschnurähnliche Gliederung angedeutet. Hierdurch aufmerksam gemacht, übergoss ich das Präparat mit einer dicken Lösung von hartem Canadabalsam in Benzol und legte ein Deckglas auf. Die anfängliche Erweichung der hart gewordenen Oberfläche und der nachfolgende, mit dem Fortschreiten der Verdunstung und der Contraction allmählig gesteigerte Druck des Deckglases bewirkte im Lauf einiger Wochen die Zersprengung der meisten Fäden, und es entstanden discontinuirliche Formen, wovon Figur 10 einige darstellt.

Man würde zu weit gehen, wollte man aus dem Bilde, welches dies Präparat zeigte, folgern, dass die Fäden aus runden Körnern beständen, und durch Einlagerung von krystallisirbarer Substanz in die Verwachsungsstellen der Körner glatte Contouren erhielten, denn die Körner, in welche sie unter der Einwirkung des Drucks auf die zähe Masse des umgebenden Mediums zerfallen sind, können durch nachträgliches Wachsthum sich abgerundet haben; mit Sicherheit geht aus dem vorliegendem Versuch nur dies hervor, dass die Mehrzahl der in Rede stehenden Fäden nicht als einfach gedacht werden kann; das Zerbrechen in nahezu gleich lange Stückchen und die hie und da unverkennbar hervortretende gleichmässige Zähnelung der convexen Seite deuten auf gleichmässig vertheilte schwächere Stellen, auf eine periodische Veränderung des Wachsthums hin. Es liegt der Gedanke nahe, diese Eigenthümlichkeit der Structur mit der an krystallinischen Gebilden höchst sonderbaren, hier so constant auftretenden Krümmung in Verbindung zu bringen; ehe ich indessen hierauf eingehe, will ich mich der Betrachtung ähnlicher Vorkommnisse in anderen Präparaten zuwenden.

Die Figuren 13, 14 und 16 sollen Partien von Präparaten darstellen, die ausser Pikrinsäure nur Canadabalsam, oder Canadabalsam und Terpentinöl enthalten. Das Terpentinöl vermag in der Hitze sehr grosse Quantitäten von Pikrinsäure aufzunehmen, die Lösung verträgt starken Zusatz von Balsam und kann stark abgedampft werden, ohne dass die Krystallisation ausbleibt. Man muss freilich oft länger als eine Woche warten, bis sich in recht harten Präparaten etwas Krystallinisches einstellt, kann aber von da an alle Wachsthumsvorgänge um so bequemer studiren, weil bis zu ihrer Beendigung mehrere Wochen, ja unter Umständen mehrere Monate vergehen. Ob man die Säure in reinem Canadabalsam oder in Balsam und Terpentinöl löst, hat auf das Resultat des Versuchs wenig Einfluss, und ist

eine Frage der Bequemlichkeit, vorausgesetzt, dass beiderlei Gemischen gleiche Consistenz und gleicher Gehalt an Säure gegeben wird. Weil die Pikrinsäure sich in dem dickflüssigen Balsam langsam löst, ziehe ich es vor, sie in ein paar Tropfen Terpentinöl zu schütten, die in ein enges Probirröhrchen gegossen sind, und, nachdem durch Erwärmen die Auflösung bewerkstelligt ist, harten Canabalsam hinzuzufügen. Ob man eine genügende Quantität von Pikrinsäure in der Mischung hat, lässt sich beurtheilen, wenn ein auf kaltes Glas gesetzter Tropfen derselben mit einem Tropfen Benzol zusammengebracht wird, er muss dabei durch Ausscheidung der auf S. 57 beschriebenen Kügelchen gelb und trübe werden. Geschieht dies nicht, so lässt sich durch Zerdrücken und Umrühren unter anhaltendem Erhitzen und allenfalls unter Zusatz von Terpentinöl mehr davon in Lösung bringen. Es ist in dieser Beziehung eher ein Zuwenig als ein Zuviel zu fürchten, da die Krystallisation durch das nun folgende Eindampfen ausserordentlich erschwert wird. Während des Eindampfens, das besser auf dem Objectträger, als in dem Röhrchen zu Ende geführt wird, färbt sich die Masse tief braunroth, und es entweichen zuletzt gelbe Dämpfe von stechendem Geruch, die nicht von einem Zersetzungsprozess herrühren, sondern von der Verflüchtigung eines Theils der Pikrinsäure. Der Canadabalsam darf nach dem Erkalten der Präparate nicht mehr am Messer kleben; es schadet nicht, wenn die Ränder so hart werden, dass sie bei dem Versuch, davon abzuschneiden, splittern, am zweckmässigsten wendet man einen schon mehrfach empfohlenen Kunstgriff an, um mehrere Stadien der Krystallisation in demselben Präparate zu vereinigen, indem man gegen Ende des Abdampfens statt der Mitte eine Randpartie des Objectträgers der Flamme aussetzt, und nach dem Erkalten die Richtung in welcher die Härte des Präparats zunimmt, auf demselben durch einen kleinen mit der Nadel eingeritzten Pfeil markirt. Die Dicke der Balsam-

schicht sollte nicht unter 0.2 Millimeter sein, sie kann ohne Schaden mehr als einen ganzen Millimeter betragen, da harter Canadabalsam sich mit Wasser und feinstem Schmirgel auf einer matten Glasplatte gut schleifen lässt. Aus diesem Grunde ist es auch nicht nöthig, Deckgläser aufzukitten, deren Uebelstände für krystallogenetische Untersuchungen auf S. 55, 56 erörtert wurden, man kann, wenn ein Deckglas erwünscht sein sollte, jederzeit eines mit Glycerin auf dem eben geschliffenen Präparat befestigen. Durch schnelles Ueberfahren mit concentrirter alkoholischer Schellacklösung kann die Härte und Durchsichtigkeit der geschliffenen Fläche vermehrt und zugleich verhütet werden, dass kleine Unebenheiten der Schliff-fläche zu unregelmässiger Krystallisation Anlass geben.

Wenn der Mischung möglichst viel Pikrinsäure einverleibt wurde, tritt allemal, und zwar wiederum bald nach dem Erkalten der Präparate Ausscheidung von feinem Staub ein, sie kann augenblicklich stattfinden, wenn Tropfen der stark eingedampften Masse auf einen recht kalten, dicken Objectträger fallen. Später kommen Körner von ähnlicher Beschaffenheit, wie die in Fig, 6 und 7 abgebildeten und lineare Gebilde, wovon Fig. 16 einige in isolirtem Zustande zeigt. Die Fäden sind theils continuirlich, theils discontinuirlich, viele vereinigen beide Arten des Wachsthums, indem sie auf einem Theil ihrer Länge sich in eine Reihe von Körnern auflösen, die sich weiterhin wieder zu einem soliden Faden schliesst, oder indem sie als Perlschnur anfangen und bald in eine solide Spitze auslaufen, oder in der Nähe derselben zum zweiten Male discontinuirlich werden, ganz so, wie man es an den Trichiten vieler Obsidiane und Pechsteine zu sehen gewohnt ist. In dem ganzen Habitus dieser krystallinischen Trichite macht sich ein Unterschied von den globulitischen, die bei Gelegenheit der Fettsäurekrystalliten besprochen wurden, geltend, der besser in der Zeichnung, als in Worten wiederzugeben ist. Man möchte sagen: die Form

der krystallinischen Trichite sei eine elegantere, weniger bizarre, als die der globulitischen. Jedenfalls sind sie, wie die Wedel aus krystallinischen Körnern, besser ausgebildet, als ihre globulitischen Verwandten, sie sind länger, zeigen entschiedene Neigung in eine konische Spitze auszulaufen und dichte, strahlige Gruppen zu bilden, endlich kommen an ihnen continuirliche Krümmungen viel häufiger vor als Knickungen.

Ist ein terpentinölhaltiges Präparat nur soweit eingedampft, dass es noch schwache Eindrücke vom Fingernagel annimmt, so entstehen darin nach einigen Tagen ausser den eben besprochenen Fäden und Körnern zickzackförmige Combinationen von Körnern und Stäbchen, nahe verwandt den auf S. 43 beschriebenen Körneraggregaten. Es können auch krumme Fäden in die Zusammensetzung von zickzackförmigen Gebilden eingehen, die sich nicht selten in den sonderbarsten Wendungen über einen Raum von mehreren Quadratmillimetern ausbreiten. Die Aehnlichkeit mit den Ausscheidungen benzolhaltiger Mischungen ist um so grösser, je mehr Terpentinöl in dem Präparat zurückblieb. In der zweiten Woche nach Anfertigung der Präparate pflegt ein entschiedenes Dickenwachsthum hervorzutreten, dabei entstehen noch immer neue Krystalliten, so dass es nach zwei Monaten fast unmöglich geworden ist, in dem Gewirr von Fäden und Ranken sich zurechtzufinden. Mit dem Beginn des Dickenwachsthums erscheint an der convexen Seite der Fäden die auf S. 64 hervorgehobene Zähnelung, sie wird von Tag zu Tag mit zunehmender Dicke der Fäden deutlicher, schliesslich wachsen die Zähnchen zu Knoten heran, die nahezu die Richtung der Krümmungsradien verfolgen. Auf dieselbe Ursache — ein in gleichen Abständen verstärktes Dickenwachsthum — ist die Erscheinung zurückzuführen, dass viele Fäden, die in den ersten Tagen ganz gerade, oder fast unmerklich wellenförmig gezeichnet wurden, nach einigen Wochen sich als einseitig ver-

jüngte starke Wellenlinien, wie Projectionen einer langgestreckten Schnecke darstellen. Hier liegen die Stellen verstärkten Dickenwachsthums alternirend auf beiden Seiten des Fadens, und ihr Zusammenrücken gegen die Spitze desselben beweist, dass seine Verlängerung mit abnehmender Energie vor sich ging.

Wenn in den Präparaten feiner Pikrinsäurestaub vorhanden ist, so bekommen die Fäden mit der Zeit einen feinen Ueberzug davon, und es bildet sich um dieselben ein schmaler lichter Hof, in grösserer Entfernung bleibt der Staub Monate lang unverändert liegen. Die vorhin beschriebenen, aus Umstellung von Staubtheilchen entspringenden Wedel habe ich in terpentinölhaltigen Mischungen noch nicht beobachtet, zweifle indessen nach dem Verhalten grösserer Körner, die oft in Zickzacklinien zusammentreten, nicht daran, dass sie unter günstigen Umständen, vielleicht erst nach sehr langer Zeit, und wahrscheinlich nur dann, wenn in stauberfüllten Präparaten die Rankenbildung einmal ausbleibt, sich auch hier einstellen können.

Je härter die Masse des Präparats ist, um so später tritt die Krystallisation ein (in einem Fall erst nach 1½ Monaten), die continuirlichen Formen gewinnen das Uebergewicht, endlich kommt man dahin, dass sie allein übrig bleiben, es entstehen nur wenige vereinzelte Körner und es kann auch die Ausscheidung von felsitischem Staub vermieden werden, wenn man das Abdampfen der Mischung auf dem Objectträger beendigt und das Erkalten möglichst verlangsamt. Was man zuerst in der tief rothbraunen Masse bemerkt, sind Sternchen aus fein gespitzten, wenig gekrümmten Borsten, von hellerer Farbe, deren Krümmung bei weiterem Wachsthum schnell zunimmt. Nach ein paar Monaten haben einige Präparate überraschende Aehnlichkeit mit gewissen selten vorkommenden Obsidianen, die Zirkel schon 1869 von den trichitführenden Varietäten unterschied. Fig. 15 stellt ein bei 100facher

Vergrösserung gezeichnetes Aggregat von Borsten aus einem derartigen isländischen Obsidian dar, Fig. 14 einige entsprechende Aggregate aus einem ohne Beihülfe von Terpentinöl angefertigten Pikrinsäurepräparat, in derselben Vergrösserung zwei Monate nach Herstellung des Präparats gezeichnet, Die feinsten Borsten des Obsidians sind nicht opak, bei 1200facher Vergrösserung und guter Beleuchtung zeigen sie bis in die Spitzen doppelte Contouren und eine gelbe Farbe, sehr ähnlich der Farbe, welche die Pikrinsäureborsten zeigen, überhaupt ist die Aehnlichkeit so gross, dass man beide Präparate unter dem Mikroskop verwechseln könnte, wenn nicht die viel grössere Dicke dem künstlichen Präparat eine sattere Färbung verliehe und die lichten Höfe um die Borstenhaufen fast gänzlich verdeckte. In Fig. 14 fehlen zufällig die wellig gebogenen Haare, von denen Fig. 15 mehrere zeigt, sie sind sonst in dem künstlichen Präparat häufig genug. Nach einem halben Jahre haben einzelne Haare eine auffallende Länge erreicht, sie würden, wenn man sie zu einer geraden Linie ausstrecken könnte, mindestens 3 Millimeter messen, bei einer Dicke von 3 Mikromillim. Knickungen kommen selten vor, dafür ist an den längsten Haaren die Krümmung auf's Stärkste entwickelt, es finden sich schraubenförmig gewundene Exemplare von mehr als sechs Windungen, die anfangs steil und weit, allmählig dichter und enger werden.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der sternförmigen Aggregate ist ihr zweitheiliger Bau. Die krummen Haare und Borsten sind grösstentheils nicht in demselben Sinne gekrümmt, wie die Speichen eines Schwungrades, sondern in zwei oder vier Büschel vertheilt, von denen je zwei ihrem Ursprung nach zusammengehörige eine Furche zwischen sich lassen, gleichsam den Scheitel des Haarschopfes. Die Büschel in Fig. 14, welche, beiläufig gesagt, gezeichnet wurden, lange bevor ich auf die Häufigkeit der zweitheiligen Gliederung halbkrystallinischer

Gebilde und auf die Bedeutung derselben verfallen war, sind recht gut geeignet, eine Vorstellung davon zu geben.

Im Mittelpunkt der Büschel bemerkt man mitunter ein grösseres Krystallkörnchen, oder ein Staubtheilchen. Die zuletzt abgehandelten Präparate lassen erkennen, dass derartige Körperchen zwar Anlass zur Bildung trichitischer Ausscheidungen geben können, dass sie aber nicht unumgänglich nothwendig dazu sind. Mit gehöriger Vorsicht können Präparate hergestellt werden, in denen weder Fremdkörper noch krystallinische Körnchen vorhanden sind, und die dennoch eine Fülle der fraglichen Aggregate aufweisen. Dieselbe Beobachtung ist an einigen Obsidianen zu machen. Ein Obsidian von Tolisva in meiner Sammlung von Gesteinspräparaten zeigt schwarze Körnchen an den meisten trichitischen Fäden und beinahe alle Trichitspinnen desselben haben ein solches Korn zum Mittelpunkt. Das Gegentheil dieses Verhaltens findet sich in einem mexicanischen Obsidian, der fast nur körnerfreie Spinnen enthält. Viel besser als an trichitischen Fäden kann man das Verhalten von Fremdkörpern zu mikroskopischen Krystallen an Krystallnädelchen, an Mikroliten studiren. Verdickte Alizarinlösungen können gezwungen werden, trichitische Fäden zu geben, Fig. 19 und 20, welche denen von Pikrinsäure recht ähnlich sind, doch ist dies schwierig, in den meisten Fällen erhält man nur zweispitzige Mikroliten. Gerathen Holzsplitterchen, kleine Quarzkörner u. dgl. in eine mit Canadabalsam versetzte, concentrirte Alizarinlösung, etwa in eine Lösung von Alizarin in Carbolsäure, so findet man sie nach einigen Tagen von einem Bart feiner Nädelchen umgeben, die sich senkrecht zur Oberfläche des Fremdkörpers angesetzt haben. Gegen Fragmente von Alizarinprismen verhalten sich die Mikroliten ebenso, nur scheint es, als ob im Allgemeinen die Umhüllung in der Längsrichtung der Prismen stärker ausfiele als senkrecht zur Länge. Wenn nur Mikroliten zugegen sind, so liegen sie gewöhnlich

regellos neben und übereinander, in grösseren Massen der Mischung, von mehreren Millimetern Dicke und mehreren Centimetern Durchmesser sieht man Schlieren, und in ihrer Nähe parallele Anordnung der Mikroliten, die frühestens eine halbe Stunde nach dem Erstarren der Masse entstanden sind. Es muss angenommen werden, dass die Krystallbildung in der Richtung der Strömchen, von denen die Schlieren herrühren, leichter stattfinden konnte, als in jeder anderen. Radiale (sphärolitische) Aggregation habe ich nicht beobachtet; verdickte Lösungen in Isobutylalkohol geben viele kreuzförmige und sternförmige Gruppen, die gehören aber nicht hierher, es sind vielfache Zwillinge vollkommen ausgebildeter, regelrecht verwachsener Prismen. In kleineren Tropfen (Durchmesser 3 bis 6 Millim.) stark abgedampfter verdickter Lösungen von Alizarin in Carbolsäure oder in Anilin hat man mitunter tangentiale, ringförmige Anordnung von Raphiden, concentrische Ringe von zweispitzigen Nädelchen, welche an die geschlossenen Belonitenströme von Perlsteinen erinnern. Die Erscheinung ist besonders interessant, weil ihr Entstehen mit mechanischen Einwirkungen zusammen zu hängen scheint. Von der Vermuthung ausgehend, dass hier, wie bei der parallelen Anordnung längs Schlieren, die sich in grösseren Tropfen gebildet haben, die Richtung des stärksten Wachsthums der Mikroliten durch Dichtigkeitsdifferenzen in der erstarrten Mischung bedingt sei, versuchte ich die Anwendung eines allmählig gesteigerten Drucks auf halbkugelige Tropfen. Dabei ergab sich, dass in gepressten Tropfen häufiger Ringbildung auftrat und zu vollkommener Ausbildung gelangte, als in nicht gepressten. Um nach dieser Richtung weiter zu experimentiren, müsste eine Substanz gefunden werden, die in erhärteten Tropfen von Dextrin oder Leim eben so krystallisirt, wie das Alizarin in hartem Canadabalsam, dessen Sprödigkeit mir die Versuche verleidet hat.

An mehreren Stellen ist in dieser Arbeit darauf hingewiesen worden, dass die Krystallisation durch die Attraction glatter Flächen in ähnlicher Weise beeinflusst werden könne, wie durch Zusatz von Verdickungsmitteln zu der Flüssigkeit, worin die krystallisirenden Substanzen gelöst sind. Hierbei handelt es sich, wie schon aus der Entstehungsweise der Eisblumen geschlossen werden könnte, stets um dünne Schichten von Flüssigkeiten; je dicker die auf einer Glasplatte krystallisirende Flüssigkeitsschicht ist, um so mehr nähert sich die Form der krystallinischen Gebilde, welche darin entstehen, der normalen Krystallform, eine Dicke der Flüssigkeitsschicht von 0,3 Millim. genügt in den meisten Fällen, um die Entstehung von Krystalliten auszuschliessen. Selbstverständlich darf die Quantität der auf das Glas geschütteten Lösung um so grösser sein, je stärker sie verdünnt ist, denn es kommt ja nur darauf an, wie gross die Dicke der Flüssigkeitsschicht in dem Moment ist, wo die Lösung durch Verdunstung die zum Beginn der Krystallbildung erforderliche Concentration erlangt hat, wobei wahrscheinlich, ebenso wie in verdickten Lösungen, der Sättigungspunkt beträchtlich überschritten werden muss; auch ist leicht vorauszusehen, dass eine Glasfläche nur dann von Einfluss auf die Krystallisation einer Flüssigkeit sein kann, wenn letztere von solcher Beschaffenheit ist, dass sie dem Glase adhärirt. Das thut z. B. der Schwefelkohlenstoff in geringem Maasse, während das Wasser, die Alkohole, das Benzol und das Terpentinöl stark am Glase haften, dem entsprechend geben auf Glas ausgebreitete Tröpfchen einer Lösung von Pikrinsäure oder von Chrysamminsäure in Schwefelkohlenstoff gut ausgebildete mikroskopische Krystalle, Lösungen derselben Substanzen in den übrigen der genannten Lösungsmittel, verkrüppelte Krystalle und Krystalliten. Es schien bei der Aehnlichkeit der so erhaltenen Gebilde mit den durch Verdickungsmittel hervorgebrachten wünschens-

werth, beide getrennt zu untersuchen. Die Aufgabe ist leicht zu lösen, sofern es sich darum handelt, die Wirkung des Glases von der Mitwirkung verdickender Substanzen zu befreien, es genügt für diesen Zweck, mit reinen Substanzen zu operiren, und die Objectträger mit derselben Sorgfalt zu putzen, als sollten sie versilbert werden oder zur Aufnahme mikroskopischer Photographien dienen. Viel schwieriger ist es, die Wirkung der Verdickungsmittel ohne die Mitwirkung des Glases zu studiren, ich habe dies nur für einen Fall, die Krystallisation von Pikrinsäure in hartem Canadabalsam, durchführen können. Aus einer Lösung von Pikrinsäure in Canadabalsam wurden zunächst nach dem auf S. 64 dargelegten Verfahren einige Präparate angefertigt, und hierauf der Rest der heissen Masse in Röhrchen von Papier, das mit Dextrin und Glycerin überzogen war, gegossen. Nach dem Erkalten wurden die Röllchen in Wasser gelegt und von dem schnell sich ablösenden Papier befreit. Als sich drei Monate später in den Präparaten, welche nach dem gewöhnlichen Verfahren dargestellt waren, eine reichliche Menge von Krystalliten vorfand, wurde zur Herstellung von Präparaten aus den Röllchen geschritten, die bis dahin gegen Temperaturwechsel und Erschütterung so viel als möglich geschützt worden waren. Zu dem Ende wurden die Enden eines derselben mit einem scharfen Messer eben geschabt und dann mittelst eines galvanisch glühenden Platindrahts Scheibchen von 1 Millim. Dicke abgeschnitten, die theils durch Bedeckung mit Glycerin und Glas, theils durch vorsichtiges Ebenschleifen für die mikroskopische Untersuchung hergerichtet wurden. In allen Fällen erhielt ich dasselbe mikroskopische Bild, welches auch die auf Glas hergestellten Präparate gegeben hatten, es liess sich ferner keine Beziehung der Krystallisation zu den Seitenflächen des Cylinders erkennen, so dass für Mischungen von grosser Consistenz der Einfluss des Verdickungsmittels entschieden vorzuherrschen scheint. Ganz

anders stellt sich die Sache, wenn die Krystallisation nicht nachträglich, sondern während der Verdunstung des Lösungsmittels eintritt, dann ist die Betheiligung des Glases sehr merklich, und kann in dünnen Schichten Erscheinungen hervorbringen, welche durch Verdickungsmittel allein nicht zu erhalten sind. Es ist mir wahrscheinlich, dass mehrere der oben abgehandelten Fälle von unvollkommener Krystallisation, so die Bildung von Körnern und körnigen Dendriten in balsamhaltigen Lösungen von Alizarin in Isobutylalkohol, die Ausscheidung von Alizarin in Gestalt trichitischer Fäden, die Entstehung von Globuliten in Chrysamminsäurelösungen, die dendritische Gruppirung von Chrysamminsäurestaub, der sich aus Lösungen der Säure in Isobutylalkohol oder in Benzol abgeschieden hat, ihren Ursprung zum Theil dem Einfluss des Glases auf die Krystallbildung zu danken haben, denn alle diese Vorgänge kommen nur in dünnen Flüssigkeitsschichten zur Ausbildung und in solchen Flüssigkeiten, die stark am Glase haften, und es kann durch die Attraction des Glases die Krystallisation von Substanzen abgeändert werden, denen mit Verdickungsmitteln nicht beizukommen ist. Wir haben in der Krystallisation dünner Flüssigkeitsschichten ein Mittel zur Hervorbringung rudimentärer Krystallgebilde von sehr ausgebreiteter Anwendbarkeit. Salzlösungen, welche für die Behandlung mit Verdickungsmitteln ungeeignet sind, können in dünner Schicht verdunstend, schöne Präparate liefern, so verdanken die garbenförmigen Dendriten, welche man auf Glasplatten erhält, die mit wässeriger Lösung von Bleizucker, von Salpeter, von Quecksilberchlorid, von salpetersaurem Uranoxyd übergossen wurden, ihre schönen Biegungen, wie die Eisblumen, der Adhäsion der Flüssigkeit an der glatten Unterlage, und dasselbe gilt von den federähnlichen Krystallaggregaten, welche Salmiak auf einer Glasplatte bildet, zudem ist die Anwendung dieser Versuchsmethode nicht auf tropfbare Flüssigkeiten beschränkt

man kann eben so gut mit Dämpfen experimentiren, die man an einem Objectträger sich condensiren lässt, endlich hat man noch den Vortheil, dass Versuche dieser Art durchschnittlich kaum so viele Minuten zur Herstellung guter Präparate in Anspruch nehmen, als die Versuche mit Verdickungsmitteln Tage erfordern. Es wäre für einen geübten Mikroskopiker gar nicht schwierig, auf diesem Wege binnen ein paar Stunden fast alle Krystalliten, die bisher abgehandelt sind, in eleganten Präparaten zu demonstriren. Die ausnehmende Eleganz der Präparate welche durch den starken Contrast der farbigen Krystallfäden gegen den vollkommen durchsichtigen farblosen Grund bedingt ist, giebt dem Studium der Krystallisation dünner Schichten besonderen Reiz und hat mich verleitet, dasselbe viel weiter auszudehnen, als es für den Zweck dieser Arbeit nöthig gewesen wäre; ich will hier aus der grossen Zahl von Versuchen, die ich nach dieser Methode angestellt habe, nur einige besonders interessante auswählen.

Sublimirt man rohen, gepulverten Indigo in einem Platin- oder Porzellantiegel, in welchen ein zweiter so tief hineingesteckt ist, dass der Abstand seines Bodens von dem Indigopulver mindestens einen halben Centimeter beträgt, so besteht das Sublimat aus den breiten, kupferglänzenden Blättern von Indigoblau, die jeder Chemiker kennt. Anders gestaltet sich das Resultat, wenn man die Sublimation in sehr kleinem Maasstabe vornimmt, und das Produkt fractionirt. Man zerdrücke zwei bis drei Centigramm rohen Indigo auf einem Objectträger, decke einen zweiten, sorgfältig geputzten Objectträger darüber, nachdem man zwischen beide einen Drath- oder Glasring von 1,5 Millim. Dicke gelegt hat, und sublimire vorsichtig über einer recht kleinen Flamme, dabei wechsele man das bedeckende Glasplättchen, sobald ein feiner bläulicher Anflug darauf sichtbar wird. Man wird aus der vorgeschriebenen Quantität von Indigo mindestens ein halbes

Dutzend Präparate erhalten, auf welche, wenn sie aufbewahrt werden sollen, das Deckglas mittelst eines Rahmens von Asphaltlack aufgekittet wird. Für die mikroskopische Untersuchung ist 300fache Vergrösserung ausreichend, es zeigen sich dabei in den Sublimaten zwei gänzlich verschiedene Bestandtheile, blaue monokline Tafeln[1]) und ebenso gefärbte kahnförmige Kryställchen von gleichen Winkeln neben schwarzen, bei starker Vergrösserung und gutem Licht roth durchscheinenden Fäden, Nadeln und Spiessen, zugleich lehrt die Vergleiehung einer grösseren Zahl von Präparaten, dass die blauen Tafeln in d n bei hoher Temperatur verdampften Portionen des Indigo vorherrschen. Dieser Umstand, und die auffällige Form der schwarzen Krystalliten liess annehmen, dass zwei chemisch verschiedene Substanzen zugegen seien, während die optische Prüfung zu dem Resultat führte, es könnte sich um zwei physikalisch verschiedene Ausbildungsweisen, um Dimorphie des Indigblau handeln, von dem bekannt ist, dass es in dicken Schichten nur dass äusserste Roth durchlässt. Beide Arten von Krystallen hatten lebhaften Metallglanz, waren stark doppeltbrechend und zeigten ziemlich starken Dichroismus, dessen Beziehung zu den Krystallaxen in beiden dieselbe war (in den blauen Tafeln der extraordinäre Strahl blassblau, der ordinäre dunkelblau, in den rothen Spiessen der extraordinäre Strahl hellroth, der ordinäre schwärzlichroth). Da die dünnen rothen Spiesse keine Winkelmessungen zuliessen, war ich darauf beschränkt, eine Trennung beider Substanzen durch Lösungsmittel und durch fractionirte Sublimation zu ver-

[1]) Die tafelförmigen Krystalle sind nicht selten leiterähnlich durchbrochen, es hat sich zuerst eine ausserordentlich dünne continuirliche Tafel gebildet, auf welche später stärkere Rand- und Querleisten sich abgesetzt haben. Man sieht aus diesem Beispiel, dass durchbrochene Krystalle nicht ohne Weiteres als »zerfressene« bezeichnet werden dürfen. Die Querleisten sind schmale Tafeln, deren Axen, wie die optische Prüfung lehrt, den Axen der grösseren Tafeln parallel laufen.

suchen, und beide Wege führten zum Ziel. Der rohe Indigo lässt sich durch Auflösen in alkalischen Reductionsmitteln und Ausfällen mit Säuren reinigen, man erhält indess durch diese Operation noch kein reines Indigblau und findet dem entsprechend in Sublimaten von geküptem Indig beide Arten, rothe und blaue Krystalle, dagegen kann man aus rohem Indig das Indigroth mit sehr wenig Indigblau durch siedenden Alkohol ausziehen und durch Umkrystallisiren von rohem Indig ganz reines Indigblau darstellen. Es ergab sich, dass Sublimate von Indigblau, das zweimal aus Anilin umkrystallisirt war, nur blaue Tafeln, Sublimate des alkoholischen Extracts von rohem oder geküptem Indig nur die sonderbaren rothen Spiesse und Ranken, enthalten, deren Hauptformen in Fig. 17 und 18 wiedergegeben sind. Die letzteren gehören also dem Indigroth an, und da keine andere der von mir untersuchten Substanzen ähnliche Sublimate giebt und weniger als ein Milligramm an rohem Indig genügt, sie in unverkennbaren Exemplaren herzustellen, so ist mit dieser Beobachtung zugleich eine charakteristische, sehr empfindliche Reaction auf Indigroth gegeben. Das Auskochen von rohem Indig mit Alkohol ist eine langwierige Procedur und liefert ausserdem das Indigroth unrein, in Gestalt einer harzigen Masse, bequemer und schöner kann man es durch Sublimation von geküptem (nicht von rohem) Indig im Platintiegel darstellen. Zu Anfang der Sublimation verbreitet sich ein unangenehmer, für verdampfenden Indig charakteristischer Geruch, von da an ist in kurzen Zwischenräumen nachzusehen und das Erhitzen zu unterbrechen, wenns ich auf dem zusammengebackenen Indigpulver ein bräunlichrother fein wolliger Ueberzug gebildet hat. Man nimmt denselben vorsichtig mit einem kleinen Spatel ab und hat nach einmaligen Umkrystallisiren aus heissem Schwefelkohlenstoff reines Indigroth. Fig. 18 ist nach einem Sublimat von rohem Indig in 70facher Vergrösserung ge-

zeichnet, das Indigroth ist darin von Indigblau begleitet, das theils in unregelmässig vertheilten Körnchen vorkommt theils in Form winziger Täfelchen sich an die Fäden von Indigroth angesetzt hat, ein Verhalten das leicht verständlich ist, wenn man bedenkt, das letztere Substanz vor dem Indigblau sublimirt. Das Indigroth erscheint in stärkeren Sublimaten in Gestalt stachliger Ranken, so wie es in Fig. 18 dargestellt ist, es lässt sich aus dem Ansehen des mikroskopischen Bildes nicht entscheiden, ob die abstehenden Nadeln sich an einen ursprünglich glatten centralen Faden angelegt haben oder ob die Ranken durch eine besondere Art von Zwillingsverwachsung nur aus diesen Nadeln zusammengesetzt sind. Viel einfacher sind die mikroskopischen Gebilde schwächerer Sublimate, besonders dann, wenn zu ihrer Darstellung reines Indigroth benutzt wurde, sie sehen dann, wie Fig. 17 zeigt, den Pikrinsäurefäden terpentinölhaltiger Präparate und den in Fig. 19 abgebildeten glatten Fäden von Alizarin sehr ähnlick. Das Indigroth, welches durch Sublimation im Platintiegel gewonnen wird, hat Nadelform, werden die Nadeln zwischen zwei Objectträgern bei kleinem Abstande derselben (unter 1 Millim.) umsublimirt, so verwandeln sie sich in krumme Fäden und Rankem, die um so stärker und stachliger werden, je grösser der Dampfraum ist und je länger die Sublimation dauert, bis man endlich, wenn der Abstand der beiden Gläser mehrere Millimeter beträgt, wie im Platintiegel nur Nadeln bekommt. Verengerung des Dampfraumes und Beschleunigung der Condensation zielen beide dahin, den Absatz der krystallisirbaren Substanz in grösster Nähe der condensirenden Glasplatte geschehen zu lassen, sie entsprechen in Betreff ihrer Wirkung auf die Form des krystallinischen Absatzes einem vermehrten Zusatz von Verdickungsmitteln zu einer krystallisirenden Lösung, und wie man durch reichliche Anwendung von hartem Canadabalsam die Pikrinsäure zwingen kann, die Form feiner Fäden oder

gar die eines feinen Staubes anzunehmen, so kann man auch Indigroth von allen Dimensionen vom feinsten Staube bis zu langen gewundenen Ranken darstellen, wenn man den condensirenden Objectträger mit einem feinem Glimmerblättchen vertauscht und auf der Mitte desselben mittelst einer fein ausgezogenen Pipette ein Tröpfchen Wasser oder Alkohol erhält. Die Stelle, wo das Tröpfchen gelegen hat, pflegt beinahe klar zu bleiben, offenbar ging von ihr ein absteigender Luftstrom aus; sie ist von einem zarten, röthlichen Anflug umgeben, der alsbald dichter und grobkörniger wird und in einigen Millimetern Entfernung von der abgekühlten Stelle in Fäden übergeht. Am Indigroth haben wir ein recht auffallendes Beispiel zu dem oben aufgestellten Satze, dass die Attraction des Glases mitunter Formveränderungen an Krystallen hervorbringen vermöge, denen mit Verdickungsmitteln nichts abzugewinnen ist, denn aus seiner Lösung in Schwefelkohlenstoff krystallisirt das Indigroth in eben solchen, oft sternförmig verwachsenen Nadeln, wie man sie durch Sublimation in Platintiegel gewinnt und durch Zusatz von Harzen wird nichts erreicht, als dass ein Theil des Indigroths im Lösung bleibt. Sternförmige Aggregate von geraden und krummen Nadeln entstehen auch durch Sublimation von Indigroth zwischen Objectträgern, wenn sie recht vorsichtig geleitet wird, und der Abstand der beiden Gläser gross ist. In Fig. 17 sind einige davon links und rechts unten neben den krummen isolirten Fäden abgebildet.

Das Indigblau habe ich auf keine Art in ähnliche Form bringen können. Verdickung seiner Lösung in Anilin nützt nichts, es krystallisirt auch dann noch, wenn nur wenige Procente Indigblau in einem bis zu splittriger Consistenz eingedampften Präparat enthalten sind, nach einiger Zeit in seiner gewöhnlichen Form heraus. Sublimirt man es, und kommt dabei der hemmenden Wirkung des Glases dadurch zu Hülfe, dass man dasselbe mit

Olivenöl bestreicht und dem Indigblau ein wenig Oel zusetzt, so zeigt sich eine geringe Einwirkung, die indessen nicht weiter, als bis zur Abrundung der Krystallecken und zum Zusammenfliessen vieler Krystalle zu blättrigen Gruppen geht. Einmal habe ich mikroskopische Kügelchen von Indigblau gesehen, die allenfalls für krystallinisch gewordene Globuliten gelten könnten; leider ist die Entstehungsweise dieser Indigkügelchen gar nicht für die mikroskopische Beobachtung geeignet. Sie hatten sich in einem 120 C. C. fassenden, mit einer Lösung von Indigblau in heissem rectificirtem Petroleum ganz gefüllten Kolben nach zweitägigem Stehen abgesetzt, hatten durchschnittlich 12 Mikromillim. Durchmesser, waren kugelrund, ein wenig rauh, und nur an den Rändern mit blauer Farbe durchscheinend. Bei gelindem Druck auf das Deckglas zerfielen sie zu feinem Staub, an dem nichts Krystallinisches wahrgenommen wurde. Die Löslichkeit von Indigblau in Petroleum ist so gering und die Ausscheidung geht so langsam vor sich, dass ich es für gerathen hielt, dem Ursprunge dieser sonderbaren Körper nicht weiter nachzugehen.

Weniger elegant, dafür aber formenreicher und instructiver als die Sublimationspräparate von Indigroth sind die Präparate, welche man mit unverdickten Lösungen von Pikrinsäure und einigen pikrinsauren Salzen herstellen kann. Das Verfahren ist höchst einfach, wenn einmal eine grössere Anzahl von Objectträgern geputzt ist, was mit derselben Sorgfalt geschehen muss, wie das Putzen photographischer Platten. Man hat dann weiter nichts zu thun, als absoluten Alkohol, in dem 2 bis 5 pro mille Pikrinsäure oder pikrinsaures Anilin gelöst sind, in derselben Weise auf dem Glase auszubreiten, wie es die Photographen mit dem Collodium thun, und den am untern Rande sich ansammelnden Ueberschuss von Fliesspapier aufsaugen zu lassen, um binnen 2 Minuten ein Präparat herzustellen. Der Versuch misslingt selten, wenn

nur die Gläser gut geputzt sind, und wenn man die Flüssigkeit ablaufen lässt, ehe sie Zeit hatte, sich durch Verdunstung stark zu concentriren. Es gelingt auch mit wässerigen Lösungen, doch geht es besser mit Alkohol, dem man bei niedriger Temperatur bis zu 30 Proc. Aether zusetzen darf. Aceton giebt auch gute Resultate, Chloroform und Schwefelkohlenstoff sind nicht zu empfehlen. Sind die Glasplatten nicht gut geputzt, so verschwindet der letzte Hauch von Flüssigkeit nicht gleichmässig, sondern zerreisst zu einem Netzwerk von Strömchen, in deren festem Rückstand man vergebens nach Krystalliten suchen würde. Dickere Flüssigkeitsschichten, oder was für den Erfolg gleichbedeutend ist, dünne Schichten concentrirterer Lösungen hinterlassen auf gut gereinigten Platten krumme Garben und Dendriten, an denen nur die feinsten Verzweigungen die scharfe Nadelform verlieren. Die gekrümmten Garben, ein getreues Miniaturbild derer, welche man auf dem unteren Drittel beeister Fensterscheiben sieht, sind am schmäleren Ende der Länge nach scharf gerippt und zertheilen sich im weiteren Verlauf in dendritisch gegliederte, immer stärker divergirende Aeste. Sie können als Bündel von Dendriten angesehen werden, um so mehr, als sich zwischen ihnen und den ächten Dendriten alle möglichen Uebergänge finden: gestielte Garben, und Dendriten, von deren Stämmen an einer Stelle dendritische Zweige, an einer anderen Stelle kleine Garben ausgehen. Geht die Krystallisation gleichzeitig nach zwei entgegengesetzten Richtungen vor sich, was auf horizontal liegenden Platten viel öfter geschieht, als an Fensterscheiben, auf denen sie fast immer vom unteren Rande ausgeht, weil sie hier durch die Vertheilung der Wärme sowohl, wie der Flüssigkeit am meisten begünstigt ist, so entstehen doppelte Garben, vielfach mit einem centralen Kryställchen als Bindeglied und Ursprung (Fig. 23) und spiralig gestreifte krystallinische Scheibchen (Mitte von Fig. 22) die sich durch die ent-

gegengesetzte, in zwei Büscheln verlaufende Krümmung der Streifen und oft auch durch zwei diametrale linsenförmige Lücken, die zwischen den gegen einander gekrümmten Büscheln verblieben sind, als eine fein ausgebildete Endform der Doppelgarben documentiren. Die entsprechenden dendritischen Gebilde sind sternförmig, sie haben oftmals eine der eben beschriebenen Scheiben als Centrum, und können bis 5 Millim. Durchmesser erreichen, ohne dass solch' ein Wachsthum der Feinheit ihrer Verzweigungen Abbruch thäte. Ganz besonders schön und mit grosser Sicherheit bekommt man Garben und Dendriten aus Lösungen pikrinsaurer Salze (weniger gut und leicht aus Lösungen von Pikrinsäure), wenn man schwach wirkende Verdickungsmittel zu Hülfe nimmt. Am leichtesten ist mit wässerigen Lösungen von pikrinsaurem Ammoniak und von pikrinsaurem Baryt zu experimentiren, die man, mit Dextrin und Glycerin versetzt, in dünner Schicht auf Glas ausbreitet, und entweder durch Verdunstenlassen an einem mässig warmen Ort zur Krystallisation bringt, wobei vornehmlich Dendriten und gröbere Garben entstehen oder dadurch, dass man sie rasch über der Spiritusflamme eintrocknen und an der Luft wieder erweichen lässt. Man erhält durch die letztgenannte Modification des Verfahrens von pikrinsaurem Ammon ziemlich leicht die Scheiben und sternförmigen Dendriten, wovon ein Exemplar in Fig. 22 wiederzugeben versucht ist. Die Entstehung der Scheiben ist bei diesem Versuch noch von interessanten Nebenumständen bedingt, auf die ich weiter unten zurückkommen werde.

In den Zwischenräumen dicht gedrängter Dendriten und Garben bemerkt man bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen (200fach und darüber) feine, stark gekrümmte Zweiglein, sehr ähnlich denen, die wir schon an dünnen Schichten anderer Lösungen — Chrysamminsäure in Isobutylalkohol, Alizarin und Canadabalsam mit Chloroform und absolutem Alkohol, Fig. 19, kennen gelernt

haben. In einigen Präparaten kommen sie über grössere Strecken verbreitet vor, hauptsächlich in der Nähe der Ränder, wo die Flüssigkeit zuerst zur Krystallisation kam, wo also die geringste Quantität krystallisirbarer Substanz abgesetzt wurde, und nehmen hier schlankere Formen an. Die Art ihres Vorkommens, ihre Feinheit und die Analogie mit den entsprechenden Fäden von Indigroth, Fig. 17, weisen darauf hin, dass geringer Vorrath an krystallisirbarer Substanz, oder mit anderen Worten, geringe Dicke der krystallisirenden Flüssigkeitsschicht eine wesentliche Bedingung für ihr Entstehen sei. In der That ist es möglich, mit Beachtung dieser Andeutungen, Präparate herzustellen, die von Garben und Dendriten fast ganz frei sind. Sorgfältiges Putzen der Platten und starke Verdünnung der Lösungen sind die Hauptbedingungen hierfür, durch letztere lässt sich die Dicke der krystallisirenden Schicht leicht reguliren, wenn die Platten so rein sind, dass gegen das Ende der Verdunstung kein Zerreissen des Flüssigkeitshäutchens mit Tröpfchenbildung vorkommt, welches die Entstehung von Lücken und kleinen Dendriten zur Folge haben würde. Gut gelungene Präparate gleichen, abgesehen von dem Farbenunterschied, schwachen Sublimaten von Indigroth, man hat dieselben Ranken, krummen Fäden und Stacheln, die in Fig. 17 und 18 abgebildet sind. Pikrinsaures Anilin bleibt lange Zeit nach der Verdunstung des Alkohols, mitunter länger als eine Stunde, in flüssigem Zustande und ist in Folge dieser Eigenschaft sehr geneigt, Tröpfchen auf der Glasplatte zu bilden, die zum Theil ausserordentlich klein sind. Diese Tröpfchen treten indess nicht als solche zu Krystalliten zusammen, die grösseren pflegen zu breiten, gestreiften Krystallblättern zu erstarren, die kleinen zu krystallinischem Staub, krumme Fäden und Nadeln entstehen nur an solchen Stellen, wo keine Tropfenbildung stattgefunden hat. Dasselbe gilt, in weniger markirter Weise, für alkoholische Pikrinsäure-

lösung; wird dieselbe in sehr starker Verdünnung angewendet, so zerreisst das Flüssigkeitshäutchen im letzten Moment an vielen Stellen; die Krystallisation tritt hier fast in demselben Augenblick ein, wo der letzte Hauch von Alkohol die Platte verlässt, so dass sich die an Sublimaten zu beobachtende Bildung von Tröpfchen flüssiger Pikrinsäure nicht constatiren lässt, man hat aber auch hier Felder, in denen krystallinischer Staub vorherrscht, neben staubfreien, die nur Fäden und Ranken aufzuweisen haben. Aehnliches sieht man an beeisten Fensterscheiben, wenn man dieselben mit einem passend eingespannten Mikroskop von etwa 30facher Vergrösserung untersucht. In unbewohnten Zimmern, wo wenig Wasserdampf sich auf dem Glase verdichtet hat, findet man rundliche Körner, Lappen und Krystallrudimente mit abgerundeten Ecken und Kanten, die häufig Spuren strahliger Anordnung erkennen lassen, endlich hexagonale Täfelchen und Sterne mit gefiederten Strahlen, Analoga der Rosetten in der Sayner Eisenschlacke. Die Sternchen sind oftmals nicht gleich zu Anfang vorhanden, sie können nachträglich auf körnig beeisten Scheiben sich auf Kosten der benachbarten Körner entwickeln und haben dann vorzüglich schön ausgebildete Höfe. Man hat sich den Vorgang so zu denken, dass durch Verdunstung und Wiederverdichtung eine Wanderung des Eises von den kleinen Körnern zu einzelnen grösseren bewerkstelligt wird. Eigentliche Eisblumen im gebräuchlichen Sinne des Worts, vielstrahlige krumme Büschel und Garben scheinen nur dann zu entstehen, wenn die Fensterscheiben einen continuirlichen Ueberzug von Wasser haben, dafür spricht u. a. die allbekannte Thatsache, dass auf unregelmässig beeisten Scheiben schöne Büschel zum Vorschein kommen, wenn man das körnige Eis durch Anhauchen zum Schmelzen gebracht hat. Die mikroskopische Untersuchung des Fenstereises stösst auf

allerlei Schwierigkeiten, man kann nicht mit polarisirtem Licht arbeiten, kann nur mit vieler Mühe eine flüchtige Zeichnung des Gesehenen anfertigen und wird durch den Mangel der feinen Einstellung an dem improvisirten Stativ, sowie durch die verhältnismässig groben Details und die unbestimmten Conturen der grossen wie der kleinsten Eisgebilde an der Verwendung stärkerer Objective gehindert, indessen genügen die mit schwacher Vergrösserung gemachten Beobachtungen, um die wesentliche Uebereinstimmung zwischen den grossen Eisblumen und den Sternchen zu constatiren und beide in das Schema der Krystalliten einzurangiren. Bleizuckerlösung giebt auf Glastafeln von mehr als 10 Cent. Kantenlänge eintrocknend, krystallinische Ueberzüge, welche für das unbewaffnete Auge den Eisblumen vollkommen gleichen, wenn die krystallisirende Schicht nicht allzu dünn ist. Sehr dünne Schichten geben auf horizontaler Glastafel nur kreuzförmige gerad- und krummstrahlige Sterne, etwas dickere geben Garben und Sterne neben einander und zwar bei geneigter oder vertikaler Stellung der Platte Garben auf der unteren Hälfte, Sterne auf der oberen, ganz so, wie dünne Wasserüberzüge der Fensterscheiben, wo die Garben fast ausnahmslos in den dickeren durch Capillarattraction gesammelten Wasserstreifen der seitlichen und unteren Ränder entspringen und auf dem oberen Drittel der Scheibe durch ringsum ausgebildete Sternchen vertreten werden. Andere Salze geben dieselben Erscheinungen bald mehr bald weniger leicht und vollkommen. Salpetersaures Natron gibt hexagonale Sterne und sehr unvollkommene Garben, Ferrocyankalium rechtwinklige Sterne, zum Theil mit krausen, dendritisch verästelten Spitzen, salpetersaures Bleioxyd und Salmiak geben gar keine Garben, nur rechtwinklige Sterne, die besonders dadurch interessant sind, dass sie, wie die ebenfalls hierher gehörenden Rosetten von Magneteisen

im umgeschmolzenen Syenit vom Mount Sorrel[1]) die Zusammensetzung aus kleinen Octaëdern sehr deutlich erkennen lassen. Wenn man Salmiak in ähnlicher Weise sublimirt, wie es oben für Indigo angegeben wurde, so entstehen auf dem condensirenden Objectträger hauptsächlich zweierlei mikroskopische Produkte: kleine rundliche Körner und in grösserer Entfernung von dem Mittelpunkt des Sublimationsvorganges die eben erwähnten, theils einfachen, theils gefiederten Kreuze. Die Körner haben sich am Rande des Glastäfelchens zu Ketten vereinigt, die frei über denselben hinausragen, man erkennt hier, dass sie pellucid und kugelrund sind, sie sind als Globuliten von Salmiak anzusehen. Auf der Glasfläche ist nicht viel von Reihenbildung zu bemerken, weil die Salmiakkügelchen sehr fest daran haften, ganz anders gestaltet sich der Vorgang, wenn man ihnen dadurch Beweglichkeit verleiht, dass man vor der Sublimation die condensirende Platte mit einer dünnen Schicht Glycerin (0,5 Millim. dick) bestreicht. Kurze Zeit nachdem man das Präparat unter das Mikroskop gebracht hat beginnt eine lebhafte Bewegung unter den Körnern und Kreuzen, vermuthlich in Folge von Strömungen des Wasser anziehenden Glycerins, und dabei sieht man die Körner zu Reihen zusammentreten, die durch Verwachsung unter rechten Winkeln Kreuze bilden. Auch bereits fertige Kreuze nehmen an dieser Thätigkeit Theil. Wenn zwei derselben einander begegnen, drehen sie sich um einander herum, bis die Spitzen zweier Arme sich in gerader Linie oder aber unter rechtem Winkel treffen und verwachsen in diesem Moment; wurde die rechtzeitige Berührung verfehlt, so geht die Drehung weiter oder die Strömung treibt sie auseinander. Die Ursache der Verwachsung wird bei diesem Versuch, der nicht

---

[1]) Beschrieben und abgebildet von Zirkel im N. Jahrb. f. Mineralog. 1870, S. 817, Taf. VIII, Fig. 16.

mit Flüssigkeiten gelingt[1]), die kein Lösungsvermögen für Salmiak haben, dieselbe sein, welche die Regelation von Eisstückchen bedingt, es ist kein Zweifel, dass schon während der eben beschriebenen Vorgänge ein Antheil Salmiak von dem spontan sich verdünnenden Glycerin gelöst wird, denn nach einer Viertelstunde sieht man die eben gebildeten Aggregate durch Auflösung verschwinden. Der Versuch lehrt ferner, worauf es uns besonders ankommt, dass eine Reihe krystallinischer Körperchen vorzugsweise an den Enden wächst und dass überhaupt das Wachsthumsbestreben, auch der kleinsten krystallinischen Individuen vorzugsweise in den Verbindungslinien der Krystallecken sich äussert. Belege dafür wird man, ich möchte sagen: in beliebiger Zahl finden, wenn die Aufmerksamkeit der Krystallographen sich eine Zeit lang auf unvollkommen ausgebildete Exemplare richtet, ich selbst werde noch mehrere beibringen und habe schon einige auf den vorstehenden Seiten erwähnt, z. B. die krystallinisch gewordenen Rosetten von Globuliten, wo die Berührungsstellen je zweier Sphäroide allemal zu Berührungsstellen von Ecken werden, und die Wachsthumsspuren an Cinchoninnadeln, die mit Bestimmtheit auf vorwiegende Thätigkeit der Spitzen hinwiesen. Dass eine Kette krystallinischer Partikeln ein Maximum der Attraction an jedem Ende haben wird, ist begreiflich ohne die Annahme polyedrischer Gestalt oder polarer Vertheilung der Attraction an den einzelnen Partikeln, denn wie in einer gravitirenden Kugel die Attraction im Mittelpunkt ein Minimum, an der Oberfläche ein Maximum ist, so muss ganz allgemein in einem gravitirenden Stabe die Attraction an den Enden ein Maximum er-

[1]) Mit Schwefel gelingt er nicht auf reinem Olivenöl, wohl aber wenn demselben durch Zusatz von Anilin Lösungsvermögen für Schwefel ertheilt ist. Aehnlich ist es mit Pikrinsäure, das Resultat ist indessen niemals so gut, wie mit Salmiak und Glycerin.

reichen und mit der Länge des Stabes zunehmen. Sobald in einem werdenden amorphen oder krystallinischen Aggregat die zuerst erstarrende Partie Stabform angenommen hat, kann bei weiterem Wachsthum derselben nur unter besonderen Verhältnissen sphäroidale Form zu Stande kommen, die fernere Anlagerung von Molekülen wird vorwiegend an den Enden des Stäbchens stattfinden, das Längenwachsthum wird an demselben überwiegen. Ich habe Präparate von amorphen Substanzen vor mir, welche mit aller wünschenswerthen Evidenz zeigen, dass amorphe feste Partikeln unter gleichen Verhältnissen, wie krystallinische, lange, mannichfach gewundene Fäden bilden können, welche man ohne genauere Prüfung mit den Trichiten identificiren müsste. Nun ist aber die sphärische Form die normale für amorphe Körper, während sie an krystallinischen nur ausnahmsweise vorkommt; die meisten der hier besprochenen Substanzen krystallisiren auf dem Objectträger wie in grösseren Massen unter langgestreckten Formen und können nur mit besonderen Vorsichtsmassregeln in Kugelform abgeschieden werden, ausserdem verwachsen die Fäden amorpher Substanzen niemals unter constanten Winkeln, während dies für die krystallinischen Regel ist, aus diesen Erwägungen folgt, dass für die Moleküle der letzteren polare Vertheilung der Attraction, oder polyedrische Gestalt anzunehmen ist, was in Betreff ihrer Stellung zu einander auf dasselbe hinauskommt. Von den Enden eines gravitirenden Stäbchens wird sich die anziehende Wirkung desselben, als Strahlung ausbreiten, die in der Längsrichtung des Stäbchens sich am weitesten erstreckt. Dafür, dass die Anziehung von Mikroliten im Wesentlichen nach diesem Gesetz wirke, sprechen die Beobachtungen am Cinchonin, weil aber bei ihnen ein amorpher Körper als Index diente, habe ich weitere Versuche angestellt, um mit anderen Substanzen ohne einen derartigen Vermittler zu demselben Resultat zu gelangen.

Statt vieler will ich nur zwei Beobachtungsreihen anführen. Dampft man eine Lösung von Dextrin in Wasser, das mit etwas Glycerin versetzt ist, auf dem Objectträger ein, nachdem man in der schleimigen Flüssigkeit ein Körnchen Glycocoll zerdrückt hat, so kann man durch Umrühren mit einem Platindraht dabei das Glycocoll derart vertheilen, dass in dem vollkommen hart gewordenen Präparat nach dem Erkalten nur vereinzelte krummstrahlige Sternchen erscheinen, deren scharfe Spitzen sich im Laufe mehrerer Stunden nicht verändern, wenn das Präparat unter einem Exsiccator aufbewahrt wird. Die attractorische Wirkung der Mikroliten ist durch die Festigkeit des Dextrins aequilibrirt, wir können sie in Form von Spannkraft beliebig lange aufbewahren und jederzeit in Krystallisationsbewegung umsetzen. Um die Spitzen herum liegen unverbundene, aber schon geordnete Moleküle, die auf dem Wege zur Krystallisation durch das Erhärten der Flüssigkeit angehalten wurden. Haucht man auf das Präparat, wobei die Mischung von Dextrin und Glycerin Feuchtigkeit anzieht und erweicht, so vereinigen sie sich augenblicklich zu kleinen Körnchen, die Büschel um die Spitzen der Mikroliten bilden. Eine nachträgliche Vergrösserung der Büschel findet nicht Statt, sie können kaum anders, als im Moment des Festwerdens der eingedampften Masse präformirt gedacht werden. Dasselbe gilt von den Sternen und Büscheln, welche in schnell eingetrockneter Bleizuckerlösung und in ebenso behandelten Mischungen von Dextrinlösung und pikrinsaurem Ammoniak bei'm Anhauchen entstehen. Die radialstrahligen, Dendriten aussendenden Scheiben letztgenannter Präparate (Fig. 22) zeigen so mannigfaltige Wachsthumserscheinungen, dass ich veranlasst wurde, ältere, wegen Beschädigung zurückgelegte Exemplare nachzusehen, und unter diesen fand sich eins, dessen Studium weitere Versuche in dieser Richtung überflüssig machte. Es enthielt ursprünglich, vor 3½ Jahren, Den-

driten mit centralen radial gestreiften Scheiben; nach einem halben Jahre litt es, während einer Reise mit anderen Präparaten zusammengeschichtet, Schaden: das mit Canadabalsam und Chloroform aufgekittete Deckglas war zersprungen und die Dendriten in kleine Stücke zerbrochen. Vor einem Jahre durchmusterte ich es, gelegentlich einer Revision defecter Objecte, und bemerkte dass von den vielen Krystallfragmenten nur noch etwa ein Dutzend übrig war, von denen einige angefressen, alle aber mit winzigen Körnchen übersät erschienen. Das Präparat wurde nun zur Aufbewahrung an einem trockenen Orte bestimmt, und in dem letzten halben Jahre wöchentlich untersucht. Die Körnerbildung hat während dieser Zeit einen regelmässigen Fortgang genommen und lässt eine bestimmte Beziehung zu den prismatischen Fragmenten erkennen. Die Körner haben, wie aus der in Fig. 24 abgebildeten Partie zu ersehen ist, dicht anliegende Hüllen um die Prismenstücke gebildet, sonderbarer Weise ist der Beleg an einigen Stellen lückenhaft, ein paar Bruchstellen sind ganz von demselben frei geblieben und es liegen auch in ihrer Nähe keine losen Körner, dagegen haben andere Prismenenden (natürliche Querschnitte?) sich reichlich damit bedeckt; ein Prismenstück hat sich binnen drei Monaten um 7,7, ein anderes, kleineres um 3,5 Mikromillim. verlängert. Das Wachsthum geschieht auf Kosten von Körnerreihen, Schweifen von krystallinischen Körnchen, die sich vor den Enden der prismatischen Fragmente, nicht etwa in der Nähe des Risses im Deckglase oder an den Rändern desselben bilden. Ihre Richtung geht im Allgemeinen senkrecht gegen die Prismenflächen, den Seitenflächen gegenüber sind sie kurz, der Beleg dieser Flächen ist dünn, vor den Endflächen sind sie, dem stärkeren Wachsthum der Enden gemäss, viel länger, ihre Länge beträgt hier bis zu 2/3 der Länge des Krystallfragments, von dem sie ausgehen. In der Nähe der Endflächen

stehen die Körnchen der Schweife dicht gedrängt, in grösserer Entfernung wird der Schwarm lichter und verdünnt sich schliesslich zu vereinzelten, weit aus einander liegenden Körnchen. Auf halber Länge pflegt eine Verbreiterung vorzukommen, verbunden mit Divergenz, wenn es sich um paarige Schweife handelt. Schweife, die paarweise von einem Krystallende ausgehen, haben nicht etwa einen gemeinschaftlichen Ursprung in der Mitte der Endfläche, sondern strahlen von zwei Ecken aus, laufen eine Strecke parallel fort, theilweise verschmolzen, um dann, sich verbreiternd und verdünnend zu divergiren. Es kommt auch an ungepaarten Schweifen vor, dass sie von einer Ecke ausgehen, und ich bin davon überzeugt dass diejenigen, welche in der medianen Verlängerung des Prismas verlaufen, durch Verschmelzung von zwei oder vier Strähnen entstanden sind. Vergleichende Messungen haben constatirt, dass die Schweife während ihrer Consolidirung am basalen Ende sich verlängern, so ist der Schweif, welcher dem Prismenstück zugehört, welches binnen drei Monaten um 7,7 Mikrom. gewachsen war, in derselben Zeit um 2,5 Mikrom. länger geworden. An einer Stelle des Präparats stossen zwei Krystallbruchstücke unter einem Winkel von ca. 30° zusammen, hier haben sich die Körnerreihen nicht senkrecht zu den Krystallflächen gestellt, sondern sind gegen die Spitze des Winkels hin abgelenkt, denselben mit einem rautenförmigen Maschenwerk ansfüllend.

Wo Schweife, die von dem Ende eines Fragments ausgehen, stark verbreitert sind, sieht man Körnerreihen von denselben abbiegen, die sich der nächsten Seite zuneigen. Aehnliches kommt auch zwischen Schweifen vor, die zwei verschiedenen Fragmenten angehören, stellenweise haben sich in denselben sogar unabhängige Attractionscentra entwickelt, von denen Körnerreihen ausstrahlen, die gegeneinander gekrümmt, discontinuirliche Garben darstellen.

Es darf hiernach die Existenz einer Strahlung der Attraction, welche von dem Ende eines Mikroliten ausgeübt wird, für bewiesen gelten, und wir gelangen nunmehr zu der Annahme, dass vor dem wachsenden Ende und rings um dasselbe die krystallisirbaren Moleküle sich so stellen müssen, dass ihre Axen maximaler Attraction senkrecht stehen zu den konoidischen isodynamen Flächen der Attraction des Mikroliten. Dadurch entstehen ungleich lange Reihen von Molekülen, deren Zahl mit der Entfernung von dem Attractionscentrum zunimmt, zwischen die Reihen, welche mit dem wachsenden Ende in Berührung stehen, schieben sich kürzere ein, bei denen eine solche Berührung nicht möglich ist. Diese letzteren werden weniger zur Krystallisation befähigt sein, als erstere, in denen sich die Anziehung des Centrums ununterbrochen von Theilchen zu Theilchen fortpflanzt und durch den Zuwachs an Kraft, den jedes der Reihe sich anschliessende Theilchen bringt, die Abnahme, welche die weitere Entfernung bedingt, einigermaassen compensirt. Die kürzeren Reihen werden nur dann ohne Weiteres für den Krystallisationsprozess zur Verwendung kommen können, wenn ihnen Gelegenheit geboten ist, sich unter dem Winkel, welchen die Form der Moleküle verlangt, an die längeren Hauptreihen anzuschliessen, es erfolgt dann die Bildung einer offenen, dendritischen Form, schliessen sich dagegen die Hauptreihen aneinander, um eine compacte Verlängerung des Mikroliten herzustellen, so ist das wahrscheinliche Schicksal der kürzeren, weniger stark zusammenhaltenden und gegen das Centrum hin angezogenen Reihen, nach vorn hinausgedrängt zu werden, um mit besserem Erfolg einen Anschluss an das fortwachsende Krystallende zu suchen. Bei dem Versuch mit Cinchonin haben wir in der Schraffirung senkrecht zu den Prismenflächen die Spuren des seitlichen Anschlusses der Moleküle an die Spitzen der Mikroliten, in der unklaren Radialstreifung die

Spuren des eben skizzirten Vorganges vor den wachsenden Spitzen. Weitere Folgerungen aus obiger Annahme sind die Hofbildung um den wachsenden Krystall, welche um so stärker hervortreten muss, je mehr die krystallisirende Flüssigkeit in ihrer Bewegung gehindert ist und ferner die geringere Breite und unklare Beschaffenheit der Höfe den wachsenden Spitzen gegenüber, die sich bis zu völliger Verwischung derselben steigern kann. Die Beobachtungen an dem zuletzt beschriebenen Präparat haben schon Andeutungen dafür gegeben, dass ein Zusammenschliessen, eine Verschmelzung krystallinischer Strahlen in der Verlängerung wachsender Krystalle stattfindet, weitere Belege für diese Annahme geben die Krystalle, deren Längsdurchschnitt aus parallelen Mikroliten aufgebaut ist, wovon ich unter den natürlich vorkommenden die Hornblende, unter den künstlich dargestellten das Kaliumplatinsesquicyanid als Beispiele auswählen will. Besenförmig zerfaserte Hornblendekrystalle und solche, an deren Seitenflächen sich Mikroliten derselben Substanz unter verschiedenen Winkeln anlegen, während die Enden durch vorstehende Enden von Kryställchen mannichfaltig ausgefranzt und treppenartig abgestuft erscheinen, sind mehrfach beschrieben und abgebildet worden.[1]) Wenn auch ein Theil dieser Erscheinungen, die in vorzüglicher Weise an der Hornblende des Trapps von Långbanshyttan bei Philipstad auftreten, sich durch nachträgliche Stauchung und Zerfaserung erklären lassen, so ist dies doch nicht für alle möglich, zumal sind es die sonderbaren Haufwerke von Hornblendemikroliten in mehreren Phonolithen, welche uns zwingen, ein allseitiges, gleichzeitig centripetales und seitliches Zusammenschliessen von krystallinischen Par-

---

[1]) F. Zirkel, Mikrosk. Beschaffent. der Min. S. 34; H. Behrens über mikrosk. Zusammensetz. d. Grünsteine in N. Jahrb. f. Mineral. 1871.

tikeln anzunehmen. Am Kaliumplatinsesquicyanid tritt dies noch auffälliger hervor, weil man hier den Wachsthumsvorgang direct beobachten kann. Es gilt, das, was ein glücklicher Zufall an dem zuletzt beschriebenen Präparat von pikrinsaurem Ammoniak darbot, absichtlich mit einem Salz von exquisit stänglichem Gefüge nachzuahmen. Man löse zu dem Ende Dextrin und Kaliumplatinsesquicyanid in solchem Verhältniss in heissem Wasser, dass eine dünne, auf dem warmen Objectträger vertheilte Schicht beim Eintrocknen an den Rändern Spuren von Krystallbildung zeigt, die sich durch röthliche Trübung verrathen. Die mittlere Partie des Präparats wird alsdann glashell bleiben und auch durch Anhauchen befeuchtet, keine Krystallnädelchen abscheiden, obwohl sie mit krystallisirbarer Substanz übersättigt ist. Man tauche nun ein dünnes Glasstäbchen in eine Portion des in feinen Nadeln krystallisirten Salzes und schlage damit gegen den Rand des stark angehauchten Präparats, um dasselbe mit Krystallnädelchen zu bestäuben, so wird man unter 150facher Vergrösserung alsbald die rechtwinklig abgeschnittenen Enden derselben zu feinen Mikroliten auswachsen sehen. Zuerst thun dies die Ecken der Nädelchen, später auch centrale Punkte der Endflächen, es kommen dichte Bündel paralleler äusserst feiner Krystallfäden zu Stande, die häufig an der Basis verfliessen, in grösserer Entfernung von dem grösseren Krystall, dem sie aufsitzen, divergiren und sich durch Anlagerung kürzerer Fäden unter sehr spitzen Winkeln verzweigen. Die Neigung zur Divergenz ist von vorn herein vorhanden, sie ist in dem grösseren Substanzvorrath an den Aussenseiten des Bündels und in der Strahlungsrichtung begründet, wenn trotzdem eine Zeitlang Parallelismus zwischen den Fäden besteht, so kommt derselbe auf Rechnung ihrer gegenseitigen Anziehung und der Anziehung, welche von der Mitte der Endfläche ausgehend, sie nach innen, d. h. gegen

einander zu krümmen sucht. Man kann das an kurz gebliebenen Fäden, die von den Ecken eines breiteren Krystallbruchstücks ausgehen, recht oft sehen: sie wenden einander die Spitzen zu, während längere Fäden sich nach aussen zu krümmen und zu verzweigen pflegen. Recht dünne Schichten von wässeriger, mit Dextrin versetzter Lösung des Kaliumplatinsesquicyanids liefern beim Eintrocknen alle Formen der Hornblende im Pechstein von Tormore auf Arran, und zwar geschieht dies, indem ein langer Krystallfaden sich an einem oder beiden Enden unter sehr spitzen Winkeln verzweigt, die Verzweigungen krümmen sich nach auswärts und geben feinere Zweige ab, die zuletzt discontinuirlich werden. Grössere, aus reiner wässeriger Lösung abgeschiedene Krystalle des Salzes haben alle Structurverhältnisse der stängeligen Hornblende, die Längsstreifung, die Quertheilungen, die anhaftenden parallelen Kryställchen, die kleinen viereckigen Lücken, die gabelig ausgezackten und die besenartig verbreiterten und zerspaltenen Enden, alles wie bei der Hornblende. Alle diese Eigenthümlichkeiten erklären sich aus den eben beschriebenen Wachsthumsvorgängen, und ihr regelmässiges Vorkommen an normal gewachsenen Krystallen bewahrt uns andererseits vor dem Verdacht, dass die beobachteten Wachsthumsvorgänge durch das Verdickungsmittel und die Attraction des Glases wesentlich verändert sein könnten. Die Veränderungen gehen nicht weiter, als bis zur Steigerung des Längenwachsthums und zur Krümmung der freien Enden. Diese beiden Erscheinungen, denen wir bei dem Studium der Krystalliten so oft begegnet sind, haben in den Beobachtungen und Betrachtungen der letzten Seiten eigentlich schon ihre Erklärung gefunden. Beide stehen in naher Beziehung zu jenen substanzarmen Räumen um die Krystalliten, die wir kurz als „Höfe“ bezeichnet haben, sie können, weil die Höfe nur in verdickten Flüssigkeiten, oder in Flüssigkeitsschichten, die festen Flächen adhäriren,

zur Entwickelung kommen, nur unter dem Einfluss dieser bewegungshemmenden Factoren auftreten und ihre Ausbildung nimmt, wie die der Höfe mit wachsender Stärke der Hemmung zu.

Es handelt sich hier nur um die relative Länge, die bis zum 500fachen des Dickendurchmessers steigen kann. (Pikrinsäure in Canadabalsam, Kaliumplatinsesquicyanid mit Dextrin.) In leicht beweglichen Flüssigkeiten wird der Substanzverbrauch um die wachsenden Krystallspitzen schnell durch Strömungen, welche der Unterschied im spec. Gew. der substanzarmen und der substanzreichen Lösung hervorruft, und daneben durch Diffusion ausgeglichen, es kann keine ungleiche Vertheilung des krystallisirbaren Materials bestehen, wie wir sie in den Höfen von Krystalliten gefunden haben, wo hinter den Spitzen weniger davon vorhanden ist, als vor denselben. (Versuche mit Cinchonin, mit Glycocoll, pikrinsaurem Ammoniak und Kaliumplatinsesquicyanid.) Es wird aber durch die ungleichmässige Vertheilung der krystallisirbaren Substanz in den Höfen nicht allein den Spitzen mehr Material dargeboten als den Seitenflächen, sondern es wird dadurch zugleich das Missverhältniss zwischen der Attraction der Spitzen und der Attraction der Seitenflächen zu Gunsten der ersteren gesteigert, wenn wir anders annehmen dürfen, dass die Fernwirkung einer Molekülreihe mit ihrer Verlängerung wächst und dass die Anziehung eines Krystalls auf Moleküle derselben Art in ähnlicher Weise, wie die magnetische Anziehung inducirend wirkt. Die Ausgleichung der Substanzarmuth längs den Seitenflächen des Krystallfadens bleibt fast ganz einer langsam wirkenden Diffusion überlassen, wenn sie nicht durch vollständiges Eintrocknen oder Erhärten ganz abgeschnitten wird. Wie langsam die Zufuhr von Material zu den Seitenflächen trichitischer Fäden vor sich geht, kann man am besten an Präparaten von Pikrinsäure in Canadabalsam sehen. Es wurde in

der Beschreibung dieser Präparate erwähnt, dass in einigen derselben die feinen Fäden und Borsten, welche sich im Lauf einiger Tage darin ausscheiden, nicht glatt bleiben, sondern nach einiger Zeit knollige und zahnförmige Auswüchse bekommen. Zwischen dem Erscheinen der glatten Fäden und dem Auftreten der Auswüchse liegt ein Zeitraum von sechs bis zwölf Tagen, in einem Fall sogar von 1 1/2 Monaten.

Bei derselben Gelegenheit wurde die Entstehung von Auswüchsen mit den Erscheinungen in Verbindung gebracht, die an zersprengten Krystallfäden wahrgenommen werden, und der Vermuthung Raum gegeben, dass krumme Fäden nicht als Krystallindividuen aufzufassen [illegible].[1]) Diese Vermuthung wird durch das Studium von [illegible]paraten, die mit stark verdünnter alkoholischer Lösung von Pikrinsäure hergestellt sind, ausser Zweifel gesetzt. Stark verdünnte Lösungen geben beim Verdunsten discontinuirliche Curvensysteme, wie Fig. 21, deren Zweige unter 400facher Vergrösserung den Bau der krummen Krystallfäden auf's Deutlichste erkennen lassen. Jeder Zweig besteht aus einer grossen Zahl von Mikroliten, die in den gradlinigen Partieen schnurgerade hinter einander liegen, in den krummlinigen dagegen so gestellt sind, dass jeder folgende ein wenig mehr nach der concaven Seite der Curve zu verschoben ist,

---

[1]) Dasselbe gilt von krummen Mikroliten in Gesteinen. In mehreren Gabbros von den Schlegeler Bergen stecken zahlreiche krumme Krystallfäden (Enstatit?) die auch bei starker Vergrösserung glatte Conturen behalten. Schliffe dieses Gesteins und Schliffe eines Grünsteins von den Klippen des Arendalfjords, welche eben solche, recht dicke Hornblendemikroliten enthielten, wurden mit Flusssäure bis zur Durchlöcherung geätzt. Dabei wurde nicht allein die feldspäthige Masse grösstentheils entfernt, es wurden auch die grünen Mikrolithen oberflächlich angegriffen, und erschienen jetzt nicht mehr continuirlich gekrümmt, sondern als Stücke von Polygonen, mit Einschnürungen an den Ecken.

als sein Vorgänger, und dass ein jeder so gegen die Curve (die Verbindungslinie der Halbirungspunkte) geneigt ist, dass sein älteres Ende sich der concaven, sein jüngeres Ende sich der convexen Seite derselben zuwendet. Verschiebung und Drehung nehmen mit der Krümmung des Curvenzweiges zu, die Stellung der Mikroliten liegt stets zwischen der Stellung einer Tangente und der eines Radius vector zu dem fraglichen Theil der parabolisch gedachten Curve. Daraus folgt, dass sie rückwärts, d. h. nach der concaven Seite der Curve verlängert, einander schneiden müssen; demgemäss finden sich an dieser Seite keine regelmässigen Auswüchse, während auf der convexen Seite die Mikroliten sich zu Auswüchsen verlängern können, deren Form, Stellung und Abstand in vielen Fällen über die Zusammensetzung von Krystallfäden Aufschluss geben können, deren Bestandtheile an der concaven Seite des Fadens fest verwachsen sind. So ist es an den Ranken des Indigroths, Fig. 18, und den krummen Fäden und Büscheln von Alizarin, Fig. 20. Die Krümmung kann nicht in einer ungewöhnlichen Zwillingsbildung begründet sein, es könnten dann nicht discontinuirliche Curven von der Art wie Fig. 21 existiren, und in den continuirlichen müsste constante Krümmung und eine constante, von den Flächenwinkeln der krystallitenbildenden Substanz abhängige Grösse der Winkel bestehen, welche die Stacheln an ihrer convexen Seite mit einander machen, während in der That die Krümmung veränderlich ist und die Winkel zwischen den Stacheln in einem umgekehrten Verhältniss zum Krümmungsradius stehen. Ebensowenig darf die Ursache der Krümmung von Krystallfäden in Strömungen und Schlieren der krystallisirenden Masse gesucht werden, oder in besonderen Structurverhältnissen der festen Unterlage dieser Masse. Ich habe eine lange Reihe von Versuchen hierüber gemacht, indem ich absichtlich Schlieren in krystallitenbildenden Massen erzeugte

und für die Sublimate von Indigroth statt eines Deckglases ein frisches Spaltstück von Kalkspath oder Glimmer als Condensator benutzte, und nur negative Resultate bekommen. Später erkannte ich alle diese Versuche als überflüssig, als ich auf die entgegengesetzte Richtung der Krümmung in den beiden Abtheilungen der radialstrahligen Scheiben Fig. 22 und der haarschopfähnlichen Trichitbüschel Fig. 14 aufmerksam geworden war. Die entgegengesetzte Krümmung der Enden von krystallinischen Fäden und Reihen von Mikroliten und Körnern, wovon Fig. 23, 21 und 24 noch gute Beispiele zeigen, ist eine sehr häufige Erscheinung, während nicht einzusehen ist, warum Schlieren gerade diese Form annehmen sollten. Dass ein localer Mangel an krystallisirbarer Substanz verändernd auf die Wachsthumsrichtung krystallinischer Fäden einwirken kann, lehren u. A. Beobachtungen an wenig verdickten wässerigen Lösungen von salpetersaurem Natron: seine Krystallfäden bilden gefiederte Achsenkreuze, deren Fiedern einander ausweichen, ehe sie noch zur Berührung gekommen sind. Dieselbe Erscheinung kann man in Präparaten von doppelt chromsaurem Kali sehen, und findet hier, dass die Fäden einander ausweichen, sobald ihre Höfe sich berühren. Halten wir dies fest, so haben wir die Ursache der Divergenz und Krümmung von Krystallfäden, die an ihrer Ursprungsstelle parallel waren, wie z. B. der Fäden, aus denen die Garben der Eisblumen und die Büschel der Kaliumplatinsesquicyanids bestehen. Gelangt das wachsende Ende eines solchen Büschels in eine an krystallisirbarem Material weniger reiche Gegend, wie es die aufwärts wachsenden Eisblumen stets thun, oder beginnt durch Verzweigung ein stärkerer Substanzverbrauch, so hat dies eine Verbreiterung der Höfe zur Folge, die, sobald sie ein gewisses, durch den Abstand je zweier benachbarter Fäden gegebenes Maass überschreitet, zur Divergenz und damit zu einer nach auswärts gerichteten

Krümmung führen muss. Wie dann die Krümmung Anlass zu weitergehender Verzweigung (nach einwärts gerichteter Stachelbildung) giebt und durch diese selbst wieder gesteigert wird, bedarf wohl keiner besonderen Ausführung.

Neben diesen Ursachen der Krümmung von Krystallfäden existirt noch eine von allgemeinerer Wirksamkeit, die nur indirect an die Bildung von Höfen gebunden ist. Das Vorkommen von isolirten krummen Fäden und die entgegengesetzte Krümmung ihrer Enden verlangen eine solche Ursache, die ich auf Grund einer grossen Zahl von Beobachtungen in der Anziehung zweier benachbarter Fäden, und häufiger noch in der Anziehung suchen möchte, welche die verschiedenen Theile eines und desselben Fadens gegen einander ausüben. An langen Fäden von Kaliumplatinsesquicyanid, die etwa 0,3 Millim. von einander entfernt in einer wenig verdickten Lösung neben einander wachsen, sieht man öfter den einen Faden der Krümmung des andern folgen; einmal sah ich den jüngeren, ein wenig nach der entgegengesetzten Seite sich krümmenden Faden ruckweise sich zu dem stärkeren und krummeren hinüberbiegen, so oft derselbe auf seiner convexen (zugewandten) Seite neue Stachelfortsätze ausschickte. Man sieht bei diesem Versuch die Bewegung selbst, deren Resultate man bei krystallogenetischen Untersuchungen unzählige Male in Gestalt krummer Büschel von parallelen oder schwach divergirenden Krystallfäden, Mikroliten- und Körnerreihen und einseitig verzweigter krummer Garben vorfindet. (Fig. 18, 21, 24, 20.) Können Krystallfäden durch gegenseitige Anziehung abgelenkt werden, so ist dies sicherlich viel leichter an den Reihen von Molekülen vor ihren Spitzen möglich, dieselben werden sich dem Nachbarkrystall zuwenden und eine A n n ä h e r u n g der S p i t z e n d u r c h W a c h s t h u m hervorbringen, bis die Berührung der Höfe störend dazwischen tritt. Derselbe Vorgang kann zwi-

schen Ende und Seitenfläche, resp. zwischen den beiden Enden eines und desselben Krystallfadens gedacht werden, wenn die Richtung ihres Wachsthums irgendwie verändert wurde. In einer leicht beweglichen Flüssigkeit würde die Störung in kurzer Zeit ausgeglichen sein, die kleine Knickung würde sich durch vermehrten Stoffansatz an der vorspringenden Seite in ein Knötchen verwandeln, dergleichen wir viele an schnell gewachsenen Krystallen finden; in verzögernden Medien ist, wie wir gesehen haben, das Wachsthum fast ganz auf die Spitze beschränkt, und aus diesem Grunde eine sofortige Rehabilitirung der geradlinigen Form nicht möglich, die Spitze würde, wenn weiter keine störende Ursache auf sie wirkte, in der einmal gegebenen Richtung fortwachsen und einen geknickten Faden hervorbringen. Dass aus der einmaligen Knickung eine continuirliche Krümmung wird, dies bewirkt die Anziehung der Molekülreihen vor der Spitze Seitens der älteren Theile des Fadens. So lange die Spitze gerade nach vorn hinaus gerichtet ist, wirken beide Seitenflächen gleich stark auf sie, sobald sie nach der einen Seite abgelenkt wird, überwiegt die Anziehung dieser Seite, und bringt eine fortdauernde Ablenkung hervor, die um so stärker ausfallen muss, je grösser der Winkel wird, den die augenblickliche Richtung der Spitze mit ihrer Anfangsrichtung macht und je kleiner die Distanz zwischen Spitze und Seitenfläche ist. Ferner nimmt mit der Krümmung die Zahl der Punkte zu, von denen Stacheln ausgehen können, es wächst damit die Differenz zwischen dem Stoffverbrauch der convexen und der concaven Seite und die Spitze muss sich noch mehr der letzteren zuwenden. Diesen stetig zunehmenden Ursachen der Krümmung wirkt einzig und allein die Anziehung zwischen den Endflächen der Mikrolíten entgegen, aus denen der krumme Faden besteht und später die Anziehung zwischen den Stacheln, die auf der convexen Seite entstehen. Sie reicht nicht einmal aus, die Zu-

nahme der Krümmung zu hindern, macht sich überhaupt nur dadurch bemerklich, dass sie in balsamhaltigen Präparaten mitunter eine nachträgliche Streckung Stacheln treibender Fäden bewirkt, und dass durchschnittlich mit reinen, sehr verdünnten Lösungen leichter und in höherem Maasse Krümmungen erhalten werden, als mit verdickten Massen. Ringbildung ist äusserst selten; sie kann nur dann stattfinden, wenn die Spitzen eines Fadens in genau entgegengesetzter Richtung auf einander treffen, der kleinste Unterschied in der Richtung genügt, sie zum Ausweichen zu bringen, und die Bildung von Spiralen oder Schrauben zu veranlassen. Wenn die Stacheln auf der convexen Seite hinreichend lang werden, so folgen sie der Krümmung des Hauptfadens, und bilden, je nachdem ein Ende oder beide Enden desselben thätig waren, einfache oder doppelte krumme Garben, die wir zum Unterschied von den oben beschrriebenen, parallel- oder radialstrahligen als einseitig verzweigte bezeichnen wollen. Zu diesen kommen dann noch als dritte Art dichotom verzweigte Garben (Fig. 23), die nicht ganz den eben abgeleiteten Krümmungsgesetzen folgen, insofern ihre Strahlen eben so gut an der concaven, wie an der convexen Seite Fortsätze aussenden. Das kommt, weil sie zu den zweiaxigen Krystalliten gehören, während die Betrachtungen der letzten Seiten von Beobachtungen an Gebilden mit einer Wachsthumsaxe ausgingen. Die Substanzen, mit denen die Mehrzahl der betreffenden Versuche gemacht wurde, krystallisiren in langgestreckten prismatischen Formen, und neigen deshalb zur Bildung linearer Krystalliten, sie geben in verdickten Massen Belonite, wenn die Krystallisation und die Erstarrung des amorphen Mediums schnell vor sich gehen (Pikrinsäure und Canadabalsam mit Aether oder Schwefelkohlenstoff), lange Fäden wenn die Krystallisation erst dann beginnt, wenn das amorphe Medium einen beträchtlichen Grad von Festigkeit erreicht hat,

dafür aber auch längere Zeit andauert. (Pikrinsäure und Canadabalsam mit Terpentinöl.) Andeutungen von Eckenwachsthum sind zwar vorhanden (gabelig ausgezackte Endkanten), allein der Winkel zwischen den Diagonalen ist so klein, dass bei linearer Anordnung der langgestreckten Mikroliten keine derselben zu besonderer Ausbildung gelangen kann. Dagegen können Octaëder, kurze Prismen und Rhomboëder über Eck mit einander verwachsen, und behalten alsdann die Möglichkeit freier Ausbildung in der Verlängerung der nicht verwachsenen Diagonalen. Den einfachsten Fall derartiger Aggregation haben wir an den farnkrautähnlichen Wedeln des Tachylyts und der Sayner Schlacke. Wir haben schon oben erkannt, dass dieselben bei vollkommner Ausbildung, zu je vieren vereinigt, Rosetten bilden, von denen Uebergänge zu rosettenförmigen Krystalliten existiren, deren Globuliten continuirliche Reihen bilden, und die in wahre Krystallskelette übergehen können. Wenn die Globuliten nicht allzu feiner Wedel zur Krystallisation kommen, entstehen discontinuirliche Stücke von Krystallskeletten. Beide liegen in einem Präparat des umgeschmolzenen Syenits vom Mount Sorrel dicht neben einander. Was den Wedeln ihr abweichendes Aussehen verleiht, ist weniger die Discontinuität der Fiederchen, als die Krümmung und die mediane Lücke längs der Hauptaxe, die beide zwar nicht constant, aber doch sehr oft vorkommen. Nach den eben abgeschlossenen Betrachtungen wird die Krümmung nicht weiter befremdlich sein, und was die gegen die Basis der einfachen, gegen das Centrum von Doppelwedeln oder von Rosetten zu erweiterte, an den Spitzen oftmals ganz verschwindende Lücke betrifft, so erklärt sich dieselbe aus der Anziehung zwischen den Körnchen der Querreihen und den in der zähen Masse zerstreut liegenden, sowie aus dem ungleich starken Zusammenhang der Querreihen an ihren Enden und in ihrer Mitte. Die Kraft, welche die mittleren Körner einer

Reihe zusammenhält, ist gleich gross für lange und kurze Reihen, hingegen ist die Kraft mit der die äussersten Körner zusammengehalten, und die mit welcher sie von den umliegenden angezogen werden, um so grösser, je länger die Reihen sind, und es ergiebt sich daraus die Möglichkeit einer nachträglichen medianen Zerreissung, die im Verhältniss zur Länge der Reihen steht. Für die Richtigkeit dieser Erklärung scheint mir der Umstand zu sprechen, dass ich aus dünnen Schichten reiner Lösungen nur lückenlose Wedel erhalten konnte. Die Entstehung von Wedeln mit zickzackförmig gestellten Körnerreihen ist durch nachträgliche Verschiebung einer Reihe bedingt; die Störung des Gleichgewichts, welche hierdurch hervorgerufen wird, geht vorwärts und rückwärts durch das ganze System und bringt alle Reihen in alternirende Schrägstellung.

Ausgezeichnet schöne, zu Rosetten vereinigte Wedel erhält man vermittelst salpetersauren Uranoxyds, wenn dasselbe in alkoholischer Lösung auf erwärmtem Glase ausgebreitet, und der firnissähnliche Ueberzug durch ein kurzes Anhauchen zur Krystallisation gebracht wird. Haupt- und Nebenstrahlen schneiden sich unter rechten Winkeln, doch ist dies meistens nur auf geringe Entfernung vom Durchschnittspunkt zu erkennen, weil an den meisten alsbald Krümmung eintritt, die aus dem rechtwinkligen Axenkreuz eine Achterfigur macht. Die Nebenstrahlen krümmen sich im Anschluss an die Hauptstrahlen derartig, dass die Nebenstrahlen des einen Hauptstrahls dem anderen Hauptstrahl parallel bleiben. Wenn es glückt, die Entstehung eines Axenkreuzes unter dem Mikroskop von Anfang an zu verfolgen, kann man sich davon überzeugen, dass die Krümmung sehr früh beginnt, also nicht durch Ausweichen, sondern durch gegenseitige Anziehung der Axen bedingt ist. Rechtwinklige Systeme polarisiren äusserst wenig, hier sind also die Wachsthumsaxen Nebenaxen des vollständig gedachten Krystalls

und die Hauptaxe steht nahezu senkrecht, achterförmige polarisiren stärker, und ungleichmässig, es muss also mit der Krümmung eine Neigung der krystallinischen Körner verbunden sein. Bei Anwendung concentrirterer Lösungen findet man, dass diese Körner über Eck an einander gereihte (rhombische) Octaëder sind, von deren freien Ecken die ebenso gebauten Nebenstrahlen ausgehen; also ein Schema, wie das der bekannten gefiederten Salmiakkrystalliten und der Magneteisenskelette. Haben wir die feiner gebauten Krystalliten sehr dünner Schichten, die, abgesehen von der medianen Lücke, ganz den Wedeln des Tachylyts gleichen, ebenso zu deuten, so verstehen wir, warum in den letzteren die Körnerreihen paarig sind und in gleichen Abständen auf einander folgen. Wenn man die Concentration der Uranoxydlösung noch weiter steigert, so beginnt die Krystallitenbildung, ehe aller Alkohol verdunstet ist; auf die Nebenstrahlen I. Ordn. setzen sich den Hauptstrahlen parallele Nebenstrahlen II. Ordn. auf, die schon zum Theil mit einander zu einer krystallinischen Tafel verwachsen, und wenn man, um noch weiter zu gehen, grössere Quantitäten der Lösung in einem Uhrglase verdunsten lässt, entstehen durch gleichzeitigen Aufbau desselben Schemas in verticalen Ebenen octaëdrisch angeordnete Wände, halbe Octaëder mit vorstehenden Ecken und vollständig ausgebildete Octaëderhälften, die wie kleine Bergspitzen aus der Salzmasse hervorragen. Zu diesem Versuch ist Essigäther geeigneter als Alkohol. Man kann den Krystallisationsprozess beliebig durch Auflegen einer dünnen Glasscheibe unterbrechen, wenn man das Uhrglas mit der krystallisirenden Lösung in ein zweites, etwas tieferes gesetzt hat, und dann mit starken Ocularen die Ausfüllung des Krystallskelettes durch Verlängerung und Verdickung der Nebenstrahlen constatiren. Wir haben hier ein vortreffliches Beispiel für den Aufbau von Krystallen aus Krystalliten vor uns und dürfen nicht anstehen, die

rosettenförmigen und sternförmigen Krystalliten mit constanten Winkeln für Querschnitte von theilweise ausgebildeten, in embryonalem Zustand verbliebenen Krystallen zu erklären. Die Magneteisenskelette und die regelmässig ausgebildeten Schneeflocken stellen allseitig ausgebildete embryonale Formen von Krystallen dar. Die erste Anlage ist, soweit man sehen kann, ein aus krystallinischen Partikeln, welche schon die Form grösserer Krystalle derselben Substanz haben (bei einigen Substanzen vielleicht aus Globuliten) zusammengesetztes Axenkreuz, dessen Enden das stärkste Wachsthumsbestreben haben und bei normalem Wachsthum zu Ecken des Krystalls werden, dessen Arme von jedem constituirenden Theilchen Seitenstrahlen aussenden können und nächst den Enden am stärksten wachsend die Grundlage zu den Polkanten abgeben. Dann folgen mit abnehmender Intensität des Wachsthums die Nebenstrahlen, welche mit ihren Enden die übrigen Kanten (Mittelkanten des Octaëders[1]) und die, welche die Flächen herstellen. Zwischen den Octaëderchen der an einander stossenden Nebenstrahlen müssen Lücken bleiben, wenn ihr Wachsthum mit der Berührung der Ecken zu Ende geht. Die mikroskopische Untersuchung wachsender Octaëder von salpetersaurem Uranoxyd hat mir gezeigt, dass diese Lücken, an deren voraussichtlicher Existenz man sich vor langer Zeit schon gestossen hat, in Reihen, die den Strahlen der ersten Anlage parallel sind, sich über und neben einander lagern, jene glänzenden, halbpelluciden Wände herstellend, die man in vielen grösseren Krystallen schon mit blossem Auge sieht. Dass hier Einschlüsse entstehen können, deren Form und Anordnung zur Kry-

[1]) Vermuthlich, weil sie am meisten der hemmenden Wirkung des Glases ausgesetzt sind; die Octaëderskelette des Magneteisens in dem geschmolzenen Syenit vom Mount Sorrel zeigen keinen Unterschied des Wachsthums der Kanten.

stallform in einfacher Beziehung stehen, versteht sich von selbst, ebenso der Zusammenhang zwischen den Reihen mikroskopischer Lücken und den Spaltungsformen und Aetzfiguren. Grössere Lücken entstehen durch Verkümmerung von Strahlen, sie müssen, weil mit dem betreffenden Strahl alle ihm zugehörigen Strahlen höherer Ordnungen unterdrückt werden, die Form des Krystallschemas annehmen. (Hohlräume im Steinsalz, im Sylvin, Quarz, Olivin, Augit u. a.) Wenn sie durch Wucherung der benachbarten Strahlensysteme ausgefüllt werden, so wird das Gefüge des Krystalls hier doch schwerlich den Grad von Festigkeit erreichen, als an normal ausgebildeten Stellen, es wird der Auflösung und Schmelzung weniger Widerstand leisten, und dadurch zu regelmässig begränzten Verwitterungsbezirken und zu solchen sechsstrahligen Schmelzfiguren Veranlassung geben, wie sie Leydolt von der Oberfläche, Tyndall aus dem Inneren von Eisblöcken beschrieben hat. Aehnlich steht es mit der Ausfüllung der Lücken zwischen den elementaren Octaëdern. Sie ist offenbar möglich, denn man sieht die Bestandtheile einer Octaëderkette von salpetersaurem Uranoxyd, salpetersaurem Bleioxyd oder Chlorammonium durch nachträgliches Wachsthum auf einander übergreifen, man sieht ferner an octaëdrischen Kryställchen von Strychnin, die in einem stark eingedampften Gemisch von Strychnin, Anilin und Canadabalsam während des Erkaltens sich ausgeschieden haben, nach kurzer Zeit durch vorwiegendes Eckenwachsthum blattförmige oder lanzettförmige Spitzen entstehen, von denen sich einige durch regelmässiges Aussenden von octaëdrisch gebauten Nebenstrahlen als Verlängerungen des Achsenkreuzes manifestiren, während andere nur unbedeutende Zähnelung zeigen, noch andere unter mittelstarker Vergrösserung glatte Ränder behalten, endlich können durch Aufbewahrung der Strychninpräparate in einem mit Anilindampf gefüllten Raume Krystalle erhalten werden, die

um den Kern herum sehr kleine, in den jüngeren Theilen viel grössere Lücken haben. Die Ausfüllung der Lücken geht von den Ebenen, welche durch die Axen gelegt sind, aus, was man sehr schön an schnell gewachsenen Alaunkrystallen sehen kann. Man findet darunter faustgrosse Exemplare mit dreiseitigen Vertiefungen in der Mitte der Flächen, an denen die Wände, welche die Ecken und Kanten verbinden, ganz fest und klar sind, dagegen die dreiseitigen pyramidalen Räume, welche unter den erwähnten Vertiefungen liegen, mit einer weissen, unter dem Messer leicht zerbröckelnden Masse erfüllt, die um so fester wird, je mehr man sich den durch Ecken und Kanten gelegten Wänden nähert. Das Material, welches die Lücken füllt, lagert sich auf die Flächen der elementaren Octaëder auf, es steht mit deren Ecken und Kanten nur indirect in Zusammenhang und leistet aus diesem Grunde, wenn auch die Ausfüllung eine vollständige gewesen ist, mechanischen und chemischen Einwirkungen den geringsten Widerstand.

An rhomboëdrisch krystallisirenden Substanzen beobachtet man bei Krystallisationsversuchen auf dem Objectträger zweierlei Krystalliten als Grundlage von Krystallen, vierstrahlige und sechsstrahlige. Beide können auf vorwiegendes Eckenwachsthum eines rhomboëdrischen Mikroliten zurückgeführt werden: liegt derselbe mit einer Fläche dem Glase an, so kommen alle Ecken zur Geltung, und zwar paarweise, es entsteht ein vierstrahliger Krystallit; sitzt er hingegen mit einer Ecke (gewöhnlich einer der stumpfen Ecken) auf, so kommt in dünnen Flüssigkeitsschichten auch die obere Ecke in Wegfall, die übrigen sechs sind jetzt so weit auseinander gerückt, dass sie einzeln auswachsen. In Präparaten von salpetersaurem Natron kommen beide Stellungen der rhomboëdrischen Mikroliten nebeneinander, ja sogar in derselben Krystallanlage vor. Das Centrum bildet dann ein kleiner sechsstrahliger Stern, aus einem Rhomboëder hervor-

gegangen, an dessen Spitzen sich zuerst gleichseitige, dann verlängerte Hexagone angesetzt haben, die zuletzt kaum noch von Vierecken zu unterscheiden sind. Zwischen gekreuzten Nicols wird das Centrum dunkel, die peripheren Rhomboëder um so heller, je weiter sie davon entfernt und je länger sie sind. Lässt man die Präparate in feuchter Luft zerfliessen, so verschwinden die grossen peripheren Mikroliten zuerst, zum Beweise, dass die optische Indifferenz des Centrums nicht durch geringere Dicke, sondern durch die vertikale Stellung der Hauptaxe hervorgebracht wird. Die eine Stellung der elementaren Rhomboëder führt zur Verwachsung der Ecken, die andere zur Verwachsung der Kanten; beide sind nur mit Bezug auf die Fläche des Objectträgers verschieden und müssen in frei gewachsenen Krystallen vereint vorkommen, lassen sich auch leicht durch Aetzversuche an Kalkspathplatten nebeneinander nachweisen. Man sieht auf ebenen Stellen einer senkrecht zur Hauptaxe des Rhomboëders geschnittenen, mit concentrirter Salzsäure geätzten Platte die stumpfen Ecken rhomboëdrischer Mikroliten, hingegen da, wo kleine Brocken ausgesprungen sind, Reihen von Rhomboëdern mit verwachsenen Kanten.

Ich kenne noch keine Substanz, welche rhomboëdrisch krystallisirte und den Aufbau grösserer Krystalle aus Krystalliten in derselben Weise zu studiren erlaubte, wie das salpetersaure Uranoxyd. Man muss sich mit wässerigen Lösungen von Natronsalpeter begnügen, die mit wenig Dextrin versetzt sind. Behandelt man dieselben so, wie es oben für Lösungen von Glycocoll angegeben wurde, so entstehen drei-, vier- und sechsstrahlige Gruppen körniger Fäden (Mikrolitenreihen), die als Kantenanlagen von verschieden gestellten Rhomboëdern anzusehen sind; lässt man dagegen die Masse langsam eintrocknen, so bilden sich verzweigte vier- und sechsstrahlige Axenkreuze, theils geradlinig, theils gekrümmt, deren

Nebenstrahlen dieselbe Art des Dickenwachsthums zeigen, welche am salpetersauren Uranoxyd und am salpetersauren Bleioxyd beobachtet wurde, und durch Zusammenstossen eine krystallinische Platte herstellen. Weitere Ausbildung ist auf dem Objectträger nicht zu erreichen; vielleicht gelingt es einmal, durch stärker wirkende Verdickungsmittel dickere Schichten für die mikroskopische Untersuchung tauglich zu machen. — Die Haupt- und Nebenstrahlen einer Krystallanlage von Natronsalpeter zeigen eine auffallende Neigung, einander durch Krümmung auszuweichen, wovon schon oben die Rede gewesen ist; die Ausfüllung der Lücken zwischen Strahlen, die einander unter abnormen Winkeln begegnen, erfolgt in gewöhnlicher Weise und kann so vollständig werden, dass keine Naht sichtbar bleibt, die Abnormität muss sich aber auch an grösseren Krystallen durch mangelhafte Spaltbarkeit und veränderte Doppelbrechung verrathen, denn was vorhin über die Polarisation krummer Axenkreuze von salpetersaurem Uranoxyd gesagt wurde, findet auch hier Anwendung. Es wäre sehr interessant, zu erfahren, welche Missbildungen der Oberfläche des fertigen Krystalls einer Krümmung seiner ersten Anlage entsprechen, leider ergeben die bisher am Natronsalpeter gemachten Beobachtungen hierüber noch weniger, wie die an dem entsprechenden Uransalz, welche eine Krümmung der Flächen wahrscheinlich machen; die Untersuchung ist hier noch weit von ihrem Ziel entfernt.

Dass die Mittelpunkte der Flächen auch in diesem Krystallsystem die jüngsten Theile der Krystalle sind, wird durch die Vertiefungen auf den Flächen von Bergkrystall und Eisenspath genügend dargethan.

Aus der rhomboëdrischen Zuspitzung von Bergkrystallprismen, aus der ungleichen Beschaffenheit ihrer Pyramidenflächen und aus den Resultaten von Leydolts Aetzversuchen an Quarzplatten, die senkrecht zur Hauptaxe der Prismen geschnitten waren, müssen wir schliessen,

dass hexagonale Prismen und Pyramiden aus Rhomboëdern aufgebaut werden können. Es liegt nahe, damit die relativ seltenen sechsstrahligen Krystallanlagen des Natronsalpeters in Verbindung zu bringen: würden viele derselben in gleicher Stellung auf einander gelegt, so käme eine sechsseitige Säule heraus, deren Flächen die Querstreifung der Amethystkrystalle zeigten. Die Sache lässt sich noch von einer anderen Seite ansehen. Denkt man sich in der sechsstrahligen Krystallanlage die der Hauptaxe parallelen Nebenstrahlen mit ungewöhnlich starkem Wachsthum begabt, so wachsen die Polkanten der unteren und oberen Rhomboëderhälfte über die Mittelkanten hinaus, und das Rhomboëder wird je nach dem Verhältniss zwischen dem Wachsthum der Hauptaxe und der fraglichen Nebenstrahlen zur hexagonalen Doppelpyramide oder zum Deuteroprisma mit oder ohne rhomboëdrische Zuspitzung. Trifft die Verstärkung des Wachsthums auch die Nebenstrahlen, welche zur Hauptaxe senkrecht sind, so fallen die Prismenkanten zwischen die verlängerten Rhomboëderkanten, es entsteht das Protoprisma, das wiederum mit rhomboëdrischen und bei einem gewissen Verhältniss zwischen dem Wachsthum der Haupt- und Nebenstrahlen auch mit skalenoëdrischen Flächen combinirt sein kann. Die Aetzversuche, welche ich an Prismen- und Skalenoëderflächen von Kalkspath gemacht habe, stehen mit diesen Voraussetzungen in Einklang, eine bestimmte Entscheidung über dieselben ist indessen nur von Wachsthumsbeobachtungen der Art, wie sie am salpetersauren Uranoxyd gemacht wurden, zu erwarten.

Am Tetraëder kommt auch Flächenverdoppelung vor, hier ist es aber eine ungewöhnliche Stellung der elementaren Tetraëder gegen einander, welche dieselbe hervorbringt. Wenn Brechweinstein in derselben Weise auf dem Objectträger zur Krystallisation gebracht wird, wie es soeben für Natronsalpeter angegeben wurde, entstehen drei- und vierstrahlige Axenrosetten und ihnen

entsprechend tetraëdrische und octaëdrische Kryställchen. Am Tetraëder gehen die Wachsthumsaxen wahrscheinlich durch je eine Ecke und die Mitte der gegenüber liegenden Fläche; man findet zahlreiche tetraëdrische Kryställchen, deren Ecken nach diesem Gesetz zu langen, beiderseits sägeähnlich gezahnten Dornen ausgewachsen sind. Bei dieser Anordnung, wo die Spitze jedes elementaren Tetraëders mit der Basis des nächstfolgenden verwachsen ist, müssen die Nebenstrahlen I. Ordn. schiefe Winkel mit den Hauptstrahlen machen, dies ist auch in den Präparaten leicht zu erkennen, und man kann sich davon überzeugen, dass aus derartigen Krystallanlagen makroskopische Tetraëder hervorgehen können. Daneben finden sich Axensysteme, deren Strahlen nur einseitig gezahnt sind, und beiderseits gezahnte Hauptstrahlen mit rechtwinklig angesetzten, einseitig gezahnten Nebenstrahlen I. Ordn. Die Anordnung der elementaren Tetraëder, welche man unter starker Vergrösserung deutlich sehen kann, ist in den letzteren der Art, dass sie mit den Ecken verwachsen sind und zwei Kanten in gerader Linie liegen. Durch Combination dieser Stellung mit der erstgenannten entstehen tetraëdrische Axensysteme mit rechtwinklig angesetzten Nebenstrahlen I. Ordn. Hin und wieder sieht man auch die Nebenstrahlen II. Ordn. unter rechten Winkeln abgehen, dies ist wohl nur durch Annahme von Verwachsung der Kanten unter sich zu erklären. Die erste Anlage eines Pseudo-Octaëders erfolgt durch Verwachsung elementarer Tetraëder in der zweiten Stellung, so entsteht ein vierstrahliges rechtwinkliges Axenkreuz, dessen Ausfüllung oft sehr unregelmässig ist, insofern beide beschriebenen Wachsthumsweisen in demselben Krystall vorkommen und sogar in demselben Quadranten mit einander abwechseln können. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass am Brechweinstein noch eine vierte Art der Verwachsung vorkommt, nämlich Verwachsung einer Ecke mit der Mitte einer Kante, wodurch einseitig

gezahnte Strahlen entstehen würden, doch sind meine Beobachtungen hierüber noch nicht zahlreich genug.

Das Axenskelett, welches die erste Anlage eines Krystalls darstellt, ist nicht immer gleichmässig ausgebildet; an den Krystalliten des Brechweinsteins ist oftmals einer der drei Hauptstrahlen nur durch einen kleinen Sporn angedeutet, mitunter ist sogar nur ein Strahl zur Entwickelung gekommen; an den Krystalliten des im regulären System krystallisirenden salpetersauren Bleioxyds sollten alle Hauptstrahlen gleich lang sein, statt dessen sieht man sehr häufig je zwei, derselben Axe angehörige verkürzt, und die Verkürzung kann so weit gehen, dass kaum noch eine Spur der zweiten Axe zu erkennen ist. Kommt es nicht zur Entwickelung von Nebenstrahlen, so hat man als Resultat dieser Art von Missbildung die linearen, trichitischen Krystalliten, von denen in der ersten Hälfte dieser Arbeit gehandelt wurde: sie sind halbe Krystallanlagen, wie auch viele Raphiden (von Alizarin, von Cinchonin u. m. a., wahrscheinlich auch von oxalsaurem Kalk), bei denen längs einer Axe eine mässige Entwickelung der Nebenstrahlen stattgefunden hat. Dass in dieser Weise Raphiden entstehen können, geht aus Versuchen mit salpetersaurem Bleioxyd und Dextrin unzweifelhaft hervor, man gewinnt dabei alle Zwischenstufen zwischen langgestreckten Axenkreuzen und Raphiden, und erkennt, dass die Entstehung der letzteren sich auf das Vorhandensein eines constanten Verhältnisses zwischen dem Wachsthum eines Hauptstrahls und der ihm parallel laufenden Nebenstrahlen gründet. Die Verkümmerung eines Hauptstrahls zieht eine entsprechende Verkümmerung der ihm parallelen Nebenstrahlen nach sich, verhindert aber nicht die Ausfüllung des Restes der Krystallanlage. Eine andere Art von Raphiden von complicirterem Bau entsteht durch parallele Gruppirung und Verwachsung von Krystallfäden,

die vom Centrum des Bündels aus an Länge abnehmen. (Kaliumplatinsesquicyanid.)

Allgemeine Verkümmerung von Nebenstrahlen führt in letzter Consequenz zu blossen Axenkreuzen (Natronsalpeter), in weniger extremen Fällen zu dendritischen Krystallanlagen, deren Aussehen einigermaassen mit dem von Windmühlenflügeln verglichen werden kann (pikrinsaures Ammoniak) und wenn diese ausgefüllt werden, zu kreuzförmigen Zwillingskrystallen (pikrins. Ammoniak, Alizarin, Indigblau), deren Zwillingswinkel den Winkeln der Wachsthumsaxen von vollkommenen Krystallen der betreffenden Substanz gleich sind. Man kann sagen, dass bei diesem Vorgang jeder Hauptstrahl (jede Halbaxe) des Krystalliten zur Grundlage für den Aufbau eines vollständigen Krystalls wird, wobei für die in anderen Richtungen verlaufenden Krystallstrahlen ihnen parallele Nebenstrahlen I. Ordn. vicariirend eintreten. Jeder Strahl eines Krystalliten, einerlei welcher Ordnung, kann bei genügender Verlängerung zu einem Hauptstrahl und damit zur Grundlage eines Krystalles werden, von dem er eine Wachsthumsaxe darstellt. An gleichmässig entwickelten Krystallanlagen und bei langsamem Verlauf des Krystallisationsprozesses wird man schwerlich etwas derartiges sehen, weil die dicht nebeneinander wachsenden Strahlen sich gegenseitig beschränken. Man muss suchen, lückenhafte Krystalliten in schnellem Wachsthum zu beobachten und ihnen einen so grossen Vorrath von krystallisirbarem Material darbieten, dass sie zu geschlossenen Formen auswachsen können. Es lässt sich das in recht befriedigender Weise erreichen, wenn man wässerige, mit wenig Dextrin und Glycerin versetzte Lösungen von pikrinsaurem Ammoniak auf erwärmten Objectträgern in nicht zu dünnen Schichten eintrocknet. In der erhärtenden Masse bilden sich grosse Dendriten und prismatische Kryställchen, welche an einer oder an mehreren

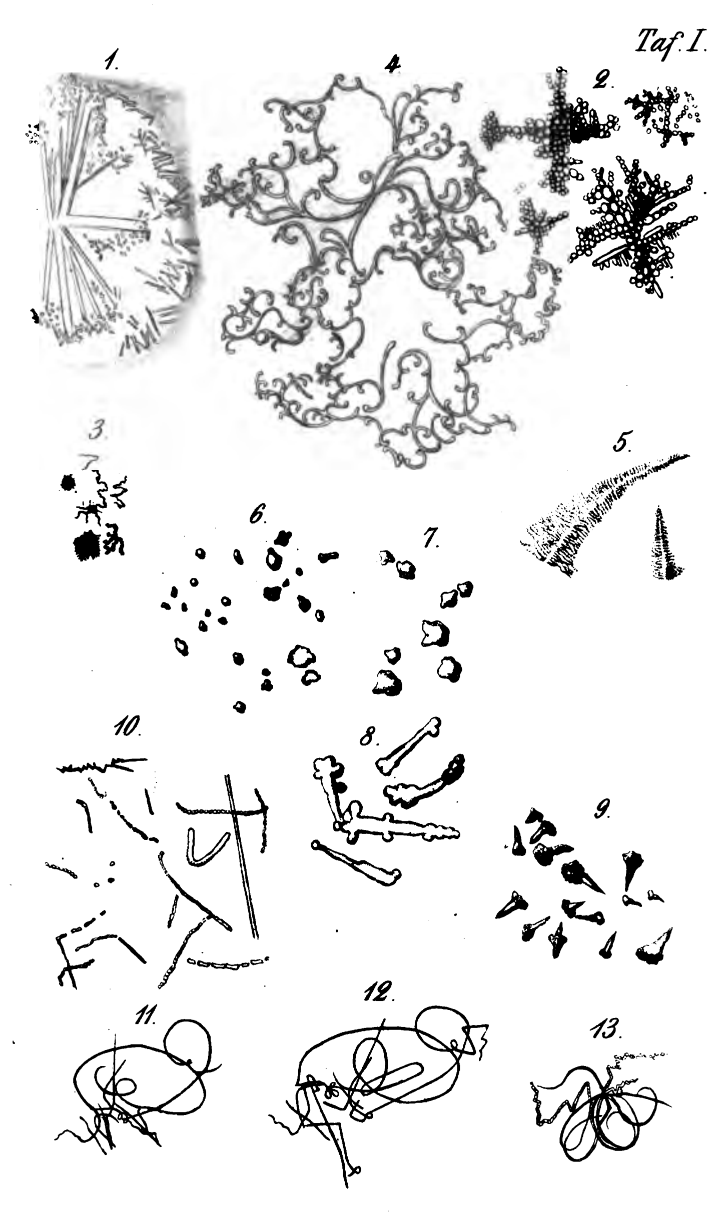
Ecken Dendriten aussenden, und man bemerkt, dass hie und da kleine Strahlen am Anfange der Dendriten, bisweilen Strahlen dritter und vierter Ordnung, ihren Nachbarn voraneilen, durch Verzweigung das Wachsthum derselben abschneiden und ein prismatisches Maschenwerk herstellen, das nur durch einen dünnen Faden mit dem Dendriten und dem Mutterkrystall zusammenhängt und in dem Maasse, wie sich die Krystallisation der eintrocknenden zähen Masse verlangsamt, von der Mitte nach dem Umfange zu dichter wird. Man wird dabei lebhaft an die hohlen Salpeterkrystalle und an die porösen Kerne grosser Alaunkrystalle erinnert. Um die Eintrittsstelle des Dendritenzweiges, aus dem der Krystall hervorging, bleibt sein Umfang bisweilen lückenhaft, doch kommt es auch vor, dass der Dendritenzweig aus der geschlossenen Ecke hervorsteht, als wäre der fertige Krystall auf einer Nadel aufgespiesst. So kann es geschehen, dass ein Krystall durch Eckenwachsthum und dendritische Verzweigung in verhältnissmässig grosser Entfernung neue Krystalle hervorbringt, dass ein dendritisches Centrum von einer Krystallgruppe eingeschlossen wird und kleinere Dendriten zum Mittelpuncte eines umhüllenden Krystalls werden, in mikroskopischem Maasstabe den Vorgang nachahmend, welchem die faserigen Gismondinkrystalle ihre Entstehung verdanken.

Wenn man die durch Eintrocknen unterbrochene Krystallisation des pikrinsauren Ammoniaks durch Anhauchen der Präparate wieder herstellt, so wachsen am Umfange der Prismen die dicht gedrängten Nebenstrahlen, welche in demselben endigen, zu einem Gewirr von Fäden aus, das zu dicht ist, um Verzweigungen bilden zu können, alsbald überholen einzelne dieser Fäden ihre Nachbarn im Wachsthum, und beginnen sich zu verzweigen, wodurch eine Hülle um den früher entstandenen Kern gebildet wird, welche sich den Contouren desselben anschliesst und denselben regelmässigen, von innen nach

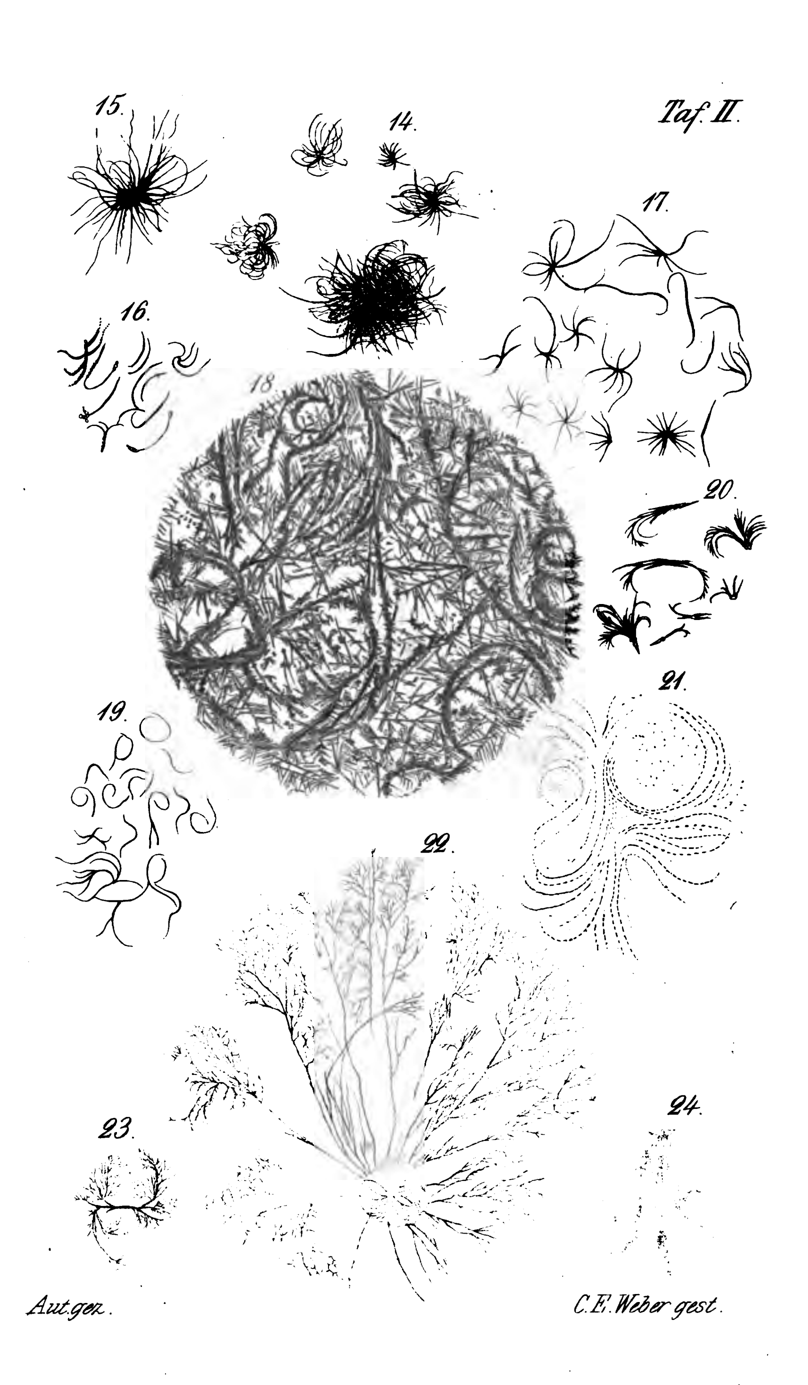
aussen zu dichter werdenden Bau erkennen lässt, den der Kern besitzt. Zwischen beiden hebt sich auch nach Beendigung des Krystallisationsprozesses der unregelmässige Anfang des Anwuchses als trüber, dem Krystallumriss paralleler Streif ab, die Schalenstructur natürlicher Krystalle wiedergebend.

Druck von Schmidt & Klaunig in Kiel.

Taf. I.

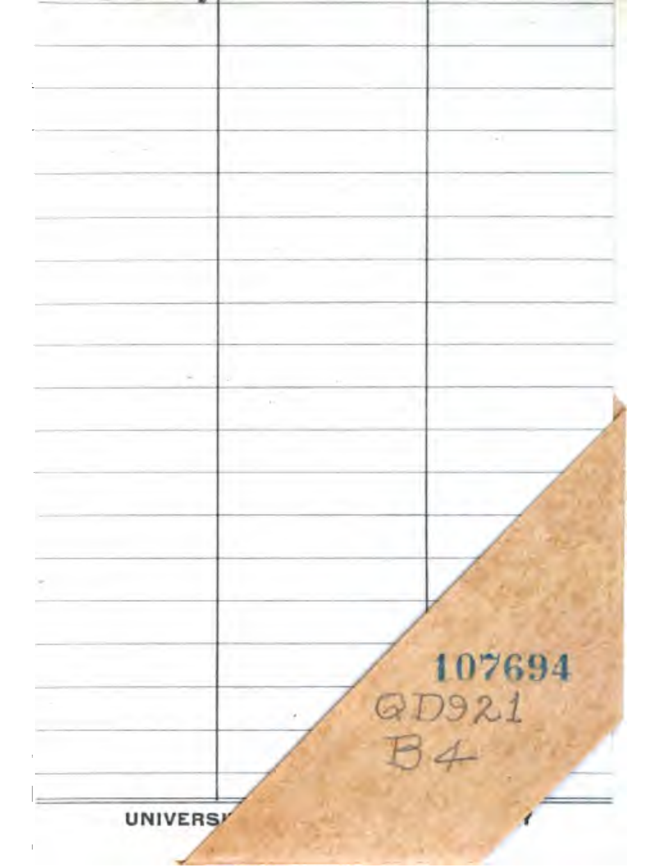


Aut. gez. C.E. Weber gest.


Taf. II.
15.
14.
17.
16.
18.
20.
21.
19.
22.
23.
24.
Aut. gez.
C. E. Weber gest.




YC177338


107694
QD921
B4
UNIVERS



